Phys. sp.
149h 4°

Lackerbauer

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS.

Dr. P. Zacherbauers Vorträge über Physik an der polytechnischen Schule in München im Jahre 1829.

Physik ist die Wissenschaft der Eigenschaften der materiellen Dinge unserer Sinnenwelt.
Der Physiker stützet sich einzig auf die Erfahrung und nennet einen materiellen Körper alles was auf unsere Organe ein gewisses Zusammentreffen bestimmter Gefühle hervorbringt, und die Erregung dieser verschiedenen Gefühle stellet ihm eben so viele Eigenschaften dar, wodurch er die Gegenwart der Körper erkennet.

Unter Eigenschaft eines Körpers, eines Dinges überhaupt versteht man alles dasjenige was zum Daseyn des Dinges gehört, und der Inbegriff aller Eigenschaften macht die Natur desselben aus, so sind z: B: Durchsichtigkeit, Schmelzbarkeit,

Härte und Sprödigkeit die Eigenschaften des gemeinen Glases, und diese zusammen machen die Natur desselben aus.

Die Eigenschaften der Körper lassen sich füglich unter drey Klassen bringen, denn entweder sind sie

1. solche, welche in allen Körpern unausschließlich anzutreffen sind, und daher nothwendig zum Wesen der Körper gehören

2. sind sie solche, welche zwar bei allen Körpern angetroffen werden, die aber auch davon weg seyn können ohne daß der Körper aufhört, Körper zu seyn, oder

3. sind sie solche, welche man nur bei diesem oder jenem Körper antrifft, oder welche sie unter gewissen Umständen bekommen.

Eine allgemeine allen Naturkörpern gemeine Eigenschaft ist, daß jeder existirende Körper aus einer bestimmten Menge mit einander verbundenen Bestandtheile zusammengesetzt ist, welche die Materie, oder Masse des Körpers genannt wird, so constituiren z. B. die Masse einer hölzernen Kugel diejenigen Bestandtheile, welche wirkliches Holz sind.

Unter den Eigenschaften der Materie sind jedoch nur zwei wesentlich erforderlich, um in uns die Vorstellung der Materie hervorzubringen. Diese sind die Ausdehnung und die Undurchdringlichkeit worüber das Gesicht und das Gefühl zu erst entscheidet.

Die Bezeichnung der Ausdehnung ist an sich selbst klar wenn wir einen Körper sehen oder berühren, so befindet sich dieser Körper, oder wenn man will das Vermögen welches er hat auf uns zu wirken in gewissen Theilen des Raumes und in keinem andern – der Ort worin er sich befindet ist demnach bestimmt und dadurch ist er ausgedehnt. –

Wenn zwey verschiedene Theile des Raumes alle Eigenschaften, unter welchen uns die Körper erscheinen besitzen, so lehrt uns die Erfahrung daß sie sich niemals mit einander vereinigen können – ein Körper schließt den andern von dem Orte aus worinnen er sich befindet, und wenn einer auf den andern stößt, gleichsam als wollte er ihn von seinem Orte vertreiben so beobachten wir einen Widerstand. –

Das nämliche bezeugen unsere Sinne von ein=

zelnen Theilchen der Körper von denen ein jedes seinen besondern Ort einnimt, in welchem ein anderer nicht zugleich seyn kann. Wir urtheilen daraus, daß alle körperlichen Wesen undurchdringlich seyen.

Um begreiflich zu machen wie die Vereinigung dieser Eigenschaft der Undurchdringlichkeit der Materie mit der Ausdehnung derselben zum Wesen des Körpers nöthig ist; so will ich ein Beyspiel anführen wo diese Eigenschaften abgesondert beobachtet werden können.

Wenn man vor einen polirten Hohlspiegel aus Metall dessen Oberfläche sphärisch ist einen kleinen Gegenstand stellet, so zeigt sich in einiger Entfernung vom Spiegel ein dem Gegenstande sehr ähnliches Bild, das man mit der größten Deutlichkeit sehen kann, wenn man sich in die gehörige Entfernung stellet. – Dieses Bild von allen Theilen des umgebenden Raumes ausgeschieden, ist ausgedehnt, aber nicht undurchdringlich – Man kann die Hand hineinhalten ohne den mindesten Widerstand wahrzunehmen – die Theile welche man berühret, werden nicht

von der Welle verändert, sondern verschwinden.-
Ganz gewiß würde man nicht auf diese Weise ein Stück Holz oder Stein oder jeden andern Körper, den man fest drückt, durchdringen.-
Man kann selbst durch zweckmäßige Aufstellung eines zweiten Spiegels das Bild eines andern Gegenstandes in den Ort des ersten Bildes einfallen lassen, ohne daß dieses verändert oder im geringsten gestört wird.- Auf gleiche Weise kann man ein drittes - ein viertes - und so viel Bilder als man will. einfallen lassen.-
Alle diese Bilder sind ausgedehnt aber nicht undurchdringlich, sie sind Formen /: Gestalten :/ aber nicht <u>fühlbare</u> Materie.
Das Wort fühlbar ist hier nothwendig, denn man wird später sehen, daß das Licht welches diese Bilder darstellet selbst aus materiellen kleinen Theilchen von unendlicher Feinheit besteht, die sich mit außerordentlicher Geschwindigkeit bewegen und in den unendlichen Räumen die sie kennen. dahin schweben.
Das Licht ist nicht tastbar, man nimmt an demselben keine Ausdehnung wahr, es ist nicht

wägbar, wenigstens nicht vermittelst unserer Wagen;
es ist so fein, daß es sich allen Mitteln, durch
welche unsere Sinne es auffassen könnten, ent-
ziehet.— Läßt man hingegen dasselbe durch durch-
sichtige Körper hindurch, so bemerkt man daß
es sich bei dem Eindringen durch diese Körper
beuge und breche, genau so, als ob es von
einer aus ihrer Oberfläche ausströmenden Kraft
zurückgestoßen würde, hingegen aber in ihrem
innern durch dieselben bildenden Theilchen angezogen
würde.— Wir wissen ferner daß eine ge-
wisse, wie wohl sehr kleine jedoch meßbare
Zeit verstreicht die es braucht um den Weg
von dem leuchtenden Körper bis zu uns zu-
rückzulegen.
Endlich wenn wir seine Strahlen gewissen Ver-
suchen unterwerfen, so finden wir, daß die
durchsichtigen Körper dasselbe von gewissen Seiten
anders anziehen und zurückstoßen als von
andern.
Diese Eigenschaften zusammen genommen bringen
uns zu dem Schlusse auch das Licht sey ein
materielles Wesen zusammengesetzt aus sehr

kleinen Theilchen welche sphaerisch gestaltet, und besonderer Anziehungen und Zurückstossungen fähig sind, sich in der Linie oder in durchsichtigen Körpern mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegen.

Hier wird es nöthig, daß ich einige sehr einfache Erscheinungen anführe, welche im ersten Augenblicke der Undurchdringlichkeit der Materie zu widersprechen scheinen – die sie aber bei näherer Untersuchung im Gegentheil noch mehr bestättigen.

Läßt man einen festen Körper z. B. ein Stück Geld in eine Flüssigkeit wie Wasser fallen, so senkt es sich ein und scheint es zu durchdringen, im Grunde aber trennt und verschiebt es nur dessen Theile. – Denn, wenn das Gefäß, worin das Wasser sich befindet oben in einen engen Hals sich endet, so wird die Wasserfläche in dem Halse des Glases um so mehr sich erheben als man das Volumen des festen Körpers vermehrt. – Hier ist demnach Theilung und Trennung und kein eigentliches Durchdringen.

Eben so verhält es sich auch wenn man einen Nagel in eine Masse von Thon, Holz, Bley oder Gold eintreibt, wobei er sich eigentlich nur

Platz macht. – Wirklich ist die auf diese Weise durchbohrte Masse nicht ganz getrennt, sondern ihre Theile sind nur gedrückt und übereinander zurückgeschoben; – denn nimmt man diejenigen Theile, welche das vom Nagel gemachte Loch umgeben heraus, so wird man deutliche Spuren von diesem Druck wahrnehmen. – Der Nagel kann auf gleiche Weise von Stahl, und dieser von andern Körpern wieder durchbohrt werden.

Analog mit diesem schließen wir daß alle Materie undurchdringlich ist. – Auf die Undurchdringlichkeit des Wassers und der Luft gründet sich die Taucher Glocke, die Wind- und Wassermühlen, die Bewegung der Schiffe mittelst der Segel und Ruder; kurz alle hydrostatischen hydraulischen und andern Maschinen. Ohne Undurchdringlichkeit wäre die Reflektion der Strahlen schlechterdings unmöglich, und für unsern Augen kein dunkler Körper sichtbar.

Die Porosität der Körper.

Aus den angeführten Versuchen erkläret sich gleichfalls, daß auch die härtesten und festesten Körper keinesweges aus einer absolut stetigen Materie gebildet sind, sondern daß sie ein Aggregat von Theilchen sind, welche sich in Entfernungen von einander befinden die bei dem Einfluß äußerer Ursachen größer und kleiner werden können.

Hieraus erkläret sich, wie dieselbe Masse der Materie durch die Wirkung der Wärme im Umfange wachsen, und durch Erkältung sich zusammen ziehen könne; wie die Theilchen der Salze indem sie sich trennen sich zwischen den Theilchen des Wassers zerstreuen, und sich gleichsam verlieren; wie das Quecksilber an dem Golde welches in dasselbe getaucht wird haften, und bis in das Innere seiner Masse dringen können; wie endlich diese Mischungen diese Auflösungen ohne bemerkbare Vergrößerung des Volumens statt finden können.

Diese Nichtstetigkeit der Materie in den Körpern heißt Porosität, und die Zwischenräume welche die Theilchen der Materie trennen werden Poren genannt. Diese Poren sind nämlich die Theilchen des Raumes, welche zwischen die Bestandtheilen des Körpers liegen, dessen Materie nicht den ganzen Raum welchen der Körper einnimmt völlig ausfüllet: diese Poren sind sogar sichtbar wenn spanisches Rohr oder Schwamm die Masse ausmachen

aus welchen der Körper besteht.

Wenn weisser Marmor über Kohlenfeuer warm gemacht, und dann mit Spiritus worin Harze aufgelöset sind, oder mit Terpentinöl, das mit dünnen Pigmenten vermischt ist, überstrichen wird, so behält der Marmor diese Farbe bei, wenn derselbe auch über einen halbe Linie abgeschliffen wird. – Mit Drachenblut bestrichen bekommt der weiße Marmor die schönste Purpurfarbe; also befinden sich im Marmor Zwischenräume, in welche die Pigmente eindringen können.

Wenn man einen elfenbeinernen, oder hölzernen Becher über einen gläsernen Cylinder setzet, dann unter dem Becher innerhalb des Cylinders die Luft verdünnert, so wird das Quecksilber oder Wasser, so man vorher in den Becher geschüttet hat, gleich einem Regen durch den zoll dicken Boden des Bechers in das untergesetzte Gefäß hinabfallen. Das Quecksilber wird auch eben so durch Leder gedrückt; also befinden sich da Zwischenräume wodurch das Quecksilber dringen kann.

Werden $\frac{2}{3}$ Theile Wasser mit $\frac{1}{3}$ Theil Weingeist vermischt, so ziehen sich die beiden Flüssigkeiten um den zwanzigsten Theil des ganzen Volumen zusammen.

Die magnetischen Ausflüsse wirken auf die Eisentheile durch Glas eben so, wie durch Stein, Holz und Metalle (: Eisen ausgenommen :)

In allen Körpern die wir Beobachtungen, oder Versuchen unterwerfen, sind Zwischenräume; somit läßt sich nach den Induktionsregeln auch auf allen übrigen Körpern, mit denen wir keine Beobachtungen, keine Versuche anstellen schließen, daß sie Zwischenräume haben, es scheint also die Porosität eine allgemeine Eigenschaft der Körper zu seyn.

Theilbarkeit der Materie

Es scheint daß die Theilchen der Materie, aus welchen die Körper bestehen ungemein klein sind, denn so groß auch die Theilung ist, der man das Gold unterwirft, indem man dasselbe zu Draht auszieht zu Blättchen schlägt; so bieten doch auch die kleinsten Theilchen, alle jene Eigenschaften dar, die man an der ganzen Masse wahrnimmt. Ein Gran Gold kann durch Schlagen zu Blattgold bis auf $36\frac{1}{2}$ □" ausgedehnt werden; da nun in einem jeden Längenzoll sehr leicht 200 Theile zu unterscheiden sind, so erhalten wir in einem Quadratzoll $200 . 200 = 40000$ gleiche Quadrate, von denen jedes $\frac{1}{200}$ Theil eines Zolles zur Seite hat, folglich sind dieß schon 40000 mit bloßen Augen auf jedem Quadratzoll erkennbare Theile; und da die ganze Fläche zu welcher ein Gran Gold ausgedehnt werden kann $36\frac{1}{2}$ □" enthält, so erhält man hierdurch $40000 . 36\frac{1}{2} = 1460000$ Quadratchen, und da nun weil das Blattgold auf beiden Seiten sichtbar ist, in einem Gran Gold 2920000 mit bloßen Augen erkennbare Theile. — Bei Vergoldung des Silbers in Verfertigung des Drahtes zu den goldenen Tressen ist die sichtbare Theilung des Goldes noch größer.

Krystallisirte Körper, welche durch Zerreiben in ein sehr unfühl=barer Pulver verwandelt werden, zeigen durch das Mikros=kop betrachtet, dieselben Formen und Winkel, welche die ganze Masse des Krystalles charakterisiren.

Beispiele einer noch weitern Theilung bieten uns die Gerü=che, die Pigmente und die metallischen Niederschläge dar.

Wenn eine Kubiklinie Lavendelöl zur Ausdünstung gebraucht wird, so kann dadurch ein ganzes Zimmer von riechbaren Theilen angefüllt werden; gesetzt es wäre die Länge des Zimmers 18 Fuß, die Breite 18 Fuß, und die Höhe 10 Fuß; so ist der körperliche Inhalt des Zimmers = 18 · 18 · 10 = 3240 Kubikfuße oder = 466560 Kubiklinien. Nimmt man in einer Kubiklinie nur 4 riechbare Theile an, so wird eine Kubiklinie Lavendelöl in 1866240 riechbare Theile zerrissen.

Wird ein Gran Carmin mit 10 ℔ Wasser übergossen; so wird dasselbe ganz roth gefärbt; rechnet man daß ein Pfund Wasser 7680 Gr. wiege, und das Gewicht eines Tropfen Wassers etwa = 1 Gr. sey; so betragen 10 ℔ Wasser 76800 Gr.; nimmt man im Durchmesser des Tropfens nur 10 erkennbare Theile an, mithin im ganzen Tropfen 525 solcher Theile so wird 1 Gr. Carmin wenigstens in 76800·525=40320000 Theile zertheilt.

Ein Gran Kupfer in Salmiakgeist aufgelöset farbet 392 Kubikzolle Wasser mit einer sehr schönen blauen Farbe; so wie die Auflösung eines Gran Kupfers in Scheidewasser eben so viel Wasser grün färbt. – Nun rechnet man auf einen jeden Kubikzoll eine Million kleiner Theile von der Größe eines Sandkörnchens; wenn sich nun in einem jeden solchen Wassertheilchen nur ein Theilchen Kupfer befindet, so folget daß ein Gran Kupfer in 392 Millionen Theile zerfallen sey.

Eben so wenn man 4 Gran Eisenvitriol in 4 ℔ Wasser auflöset, und zu dieser Auflösung ein wenig geistige Galläpfel Tinktur träufelt, so wird dieselbe durchaus schwarz. Rechnet man demnach 4 ℔ Wasser = 30720 Gran, und da in 4 Gr. Eisenvitriol kaum 1 Gr. Eisen enthalten ist so wird ein Gran Eisen in 16128000 sichtbare Theile zerrissen.

Wasser löset Salzsteine auf, so daß sie unsern Augen ganz verschwinden, das materielle Wesen dieser Salzsteine macht sich aber unsern Geschmacksinnen fühlbar, und bleibt bey der allmähligen Verdünstung des Wassers auch dem Gesichte empfindbar zurück.

Verbrennet man Holz, so geht selbes in Asche und Rauch über, der sich nach und nach dichte und sichtbar an die Kamine anlegt, und wieder in verschiedene Bestandtheile zersetzt werden kann.

Der electrische Stoff welcher sich von unserer Erde entwickelt, und sich aus den Spitzen unserer Erhöh=ungen in die höhere Athmosphäre geschwungen hat, überzeugt die Sinne in Gestalt eines Blitzes, oder in dem Donner von seinem Daseyn.

Die athmosphärische Luft nimt das in Dünste aufgelöste Wasser auf, verhüllet selbes ganz unseren Sinnen, macht es aber in den Wolken, in dem herabfallenden Regen, Nebel Thau, u.s.w wieder sichtbar.

Alles beweiset uns daß ein Körper ohne seine Natur zu verändern, ohne daß er aufhört mit der größeren Massen identisch zu seyn, in Theile gethei=let werden könne, deren Kleinheit von unseren Sinnen nicht aufgefaßt, von unserer Einbildungskraft kaum vorgestellet werden kann.

Der Materie oder Körperstoff ist also ein für sich selbstän=diges Wesen, aus dem alle Körper zusammengesetzt sind; die Quantität derselben bleibt bei allen Körpern

bei aller Theilung, bei allen Veränderungen der körperlichen Natur im Ganzen immer dieselbe, unvermehrt und unvermindert.

Ob sich die physische Theilung der Materie bis ins Unendliche erstrecke ist viel gestritten worden; doch ist es ohne Zweifel daß diese bis ins Unbestimmte gehe; denn denkt man sich ein noch so kleines Theilchen, so wird doch schon dadurch, daß es ausgedehnt ist sich seine Ausdehnung in zwey Hälften, jede von diesen wieder in zwey Hälften u. s. w. ins Unendliche theilen lassen. Diese Theilung kann aber nur dem Gedanken nach geschehen, die wirkliche physische Theilung aber muß doch irgendwo ihre Gränzen haben, denn von der unendlichen Theilbarkeit des Raumes kann man noch nicht auf die unendliche Theilbarkeit der Materie im Raume schließen.

Die Dichtigkeit der Körper in Bezug auf ihr Volumen

Die Ausdehnung, der Rauminhalt, oder das Volumen eines Körpers ist seine Ausmessung in die Länge, Breite und Tiefe, je mehr Materie sich in diesem Raume befindet, desto dichter ist der Körper. Ein Körper welcher unter einem gegebenen Rauminhalte viele Materie enthält, heißt dichter, im Vergleiche mit einem andern Körper, der unter einem gleich großen Volumen weniger Materie enthält. Es stehen also die Dichtigkeiten im geraden Verhältnisse der Massen, und im verkehrten der Rauminhalte. Da in einem jeden Körper sich Zwischenräume befinden, so ist in der Natur kein vollkommen dichter Körper anzutreffen. Die Grade der Dichtigkeit sind aber nicht absolut, sondern nur Vergleichungsweise mit der Dichtigkeit eines andern Körpers.

Es kann aber diese relative Dichtigkeit zweyer Körper bei gleichem Volumen durch das Verhältniß der Gewichte, und bei gleichen Gewichten, durch das Verhältniß der Raumsinhalte bestimmt werden. – Es ist nämlich bei einerley Gewicht auch jener Körper dichter der wenigern Raumsinhalt hat, und bei einerley Raumsinhalt derjenige welcher am meisten wiegt.

Das eigenthümliche Gewicht eines gleichförmig dichten Körpers gibt zugleich auch den Maßstab seiner Dichtigkeit ab.

Da z. B. das Gold unter gleichem Volumen mit dem Wasser 19 mal mehr wiegt, oder 19 mal mehr Masse enthält als das Wasser; so ist auch die Dichtigkeit des Goldes 19 mal größer als die des Wassers; mithin verhält sich die Dichtigkeit des Wassers zu jener des Goldes wie 1:19.

Da die Lockerheit der Dichtigkeit gerade entgegengesetzt ist, so wird sie auch auf entgegengesetzte Art bestimmt, es ist nämlich jener Körper lockerer der bei einerley Gewicht mehr Raumsinhalt hat, oder der bei einerley Raumsinhalt weniger wiegt.

Die ganze unendliche Reihe der Körper läßt sich auf 6 Hauptstuffen zurückführen, zwischen welchen tausend, und abermal tausend Mittelstuffen liegen.

Diese Stuffen geben uns 1) feste Körper. 2) tropfbarflüssige Körper. 3) elastische flüssigkeiten (ausgedehnte Stoffe) 4) das Sonnenlicht und analog demselben jede Lichterscheinung.

Alle diese Stoffe stehen aber zu einander selbst in immerwährender Wechselwirkung

und offenbaren sich in dieser Hinsicht 5) in magnetischen, u. 6) in elektrischen Erscheinungen.
In den festen Körpern offenbaret sich der niedrigste Maß der Expansion, in den tropfbar flüssigen Gleichheit der Aktionen, in den Dunst und Gasarten ein Übergewicht der Expansion, und das maximum der Expansion erscheint uns in dem Sonnenlichte, und analog in jeder Licht-Erscheinung.
In allen diesen Erscheinungen verhalten sich die materiellen kleinsten Theilchen ganz wie absolut träge Massen aller Willkühr beraubt auch sie wirken beständig Kräfte ein welche sie in denselben Zustand versetzen, in welchem sie sich befinden — die Cohäsion und Expansion nämlich. Wäre die Expansion gleich null, so würden die Theilchen der Materie zu solchen festen widerstehenden Massen verbunden, daß daraus ein durchaus vollkommen dichter Körper entstünde, deren aber in der Natur nicht anzutreffen sind: denn die völlige Berührung der Theilchen wird durch die in jedem Körper gebundenen Wärme als Grundprincip der Expansion gehindert.
Trägheit der Materie will nichts anders sagen, als, alle Materie als Materie ist leblos, und als Gesetz derselben gilt, daß jeder Körper unverändert in demselben Zustande der Ruhe oder der Bewegung verbleibe in welchem er sich befindet, und so lange bis ihn nicht eine äußere Ursache aus diesem bringe — Die Kugel welche kraft des erhaltenen Stoßes auf dem Billiard-Tafel hinrollet bewegt sich zwar nach und nach mit minderer Geschwindigkeit, und kommt endlich zur Ruhe — dieses geschieht aber in Folge der ununterbrochenen Reibung welche die Rauheiten des Tuches veranlassen, so wie des Widerstandes der Luft in welcher die Bewegung erfolgt — Man wähle feineres Tuch und derselbe Stoß wird die Kugel längere Zeit in Bewegung erhalten. Auf einer Tafel von geschliffenem Marmor, und bei Kugeln die aus gegossenem Metallstücke gemacht sind, deren Elastizität ungleich vollkommener ist, wird die Dauer der Bewegung ungleich länger seyn. Schußbrettkugel und zu den

schließe daß diese Bewegung nie aufhören würde wenn es möglich wäre alle Hindernisse zu entfernen.

Der Stein welcher von der Höhe eines Thurmes horizontal fortgeschleudert wird, theilet seine ihm mitgetheilte Geschwindigkeit mit den Theilchen der Luft an die er anschlägt und über einander hintreibt, und fällt zugleich auch von der Schwere getrieben in einiger Entfernung zur Erden. Man denke sich aber wie bei dem Monde, der sich bekanntlich im leeren Raume um die Erde bewegt diese Luft hinweg, lasse die Kraft der Wurfbewegung so sehr wachsen, daß sie den Körper von der Erde durch die ihm eingedrückte tangentielle Bewegung um so viel entfernen, als die Schwere ihn gegen dieselbe herabzuziehen strebet so wird der Körper alsdann einen Kreis um die Erde beschreiben, und wenn ihn nichts in diesem Laufe aufhält ewig diesen Kreislauf fortsetzen – Alles bestimmt uns demnach zur Annahme daß die Materie sich aus eigener Macht keine Bewegung ertheilen, noch die ihr ertheilte sich entziehen können, und daß sie demnach ruhend, oder bewegt in Ewigkeit in diesem Zustande beharren würde, wenn nicht eine fremde Ursache in dieselbe einwirkt. – Diese Gleichgültigkeit der Materie gegen Ruhe und Bewegung, dieser Mangel an Willkühr ist es eben welches das Gesetz der Trägheit ausmachen.

Die belebten Wesen allein, die sich durch einen inwohnenden Willen in Bewegung oder Ruhe versetzen, scheinen hierin eine Ausnahme zu machen, aber auch bei diesen ist die Materie selbst von aller Willkühr entblößt, welches sich uns in dem Tode oder in dem Schlafe des belebten Wesens darstellet.

Wir können analog mit den übrigen Erscheinungen die Bewegung der belebten Körper nur von einer Ursache ableiten die ihrer Materie fremd ist, und von der Willkühr geleitet wird. Diese Willkühr kann der Natur ihrer Wirkung nach nur aus einem einfachen Wesen hervorgehen, die auf einem materiellen Princip beruhen. – Welcher Gedanke! das aus den Theilen gebildete Ganze

besitzt die Eigenschaft belebt zu seyn, die getrennten Theile leben nicht und unterliegen dem Gesetze der Materie – dieses Dunkel ruhet auf der Ursache dieser Verschiedenheit und uns ist gänzlich verborgen, was den Zustand des Lebens bestimmt.

Die Erfahrung entdeckt uns in der Materie noch verschiedene andere Eigenschaften die zwar nicht wesentlich, aber um die Hauptbedingungen der Materie zu kennen dennoch sehr wichtig sind; hieher gehören:

a. Die Schwere, oder Schwerkraft.

Unter allen Naturkörpern die wir durch das Gesicht und Gefühl wahrnehmen gibt es keinen einzigen der nicht schwer ist, d.h. welcher sich selbst überlassen nicht nach dem Mittelpunkt der Erde zu fallen strebt. Alle Körper besitzen die Kraft von einer gewissen Höhe herabzufallen, dieß lehret die tägliche Erfahrung auch von den feinsten Körpern, mithin sind auch alle Körper in der Natur schwer. Alle Körper sind schwer aber nicht alle sind es in einem gleichen Grade, wie Stein und Luft, Quecksilber und Wasser. — Wenn ein schwerer Körper einen weniger schweren aus seiner Stelle verdrängt, so wird letzterer zum Unterschiede von dem ersteren ein leichter Körper genannt Beyspiele davon geben das Verdrängen des Wassers aus einem Gefäße durch hineingeworfene Metalle, das Entweichen der Luft wenn man in ein Gefäß Wasser gießt. Die Luft ungeachtet wir dieselbe nicht mit der Hand fassen und festhalten können ist dennoch eine materielle Substanz, die täglichen Erfahrungen überzeugen uns davon. Bei dem Wehen des Windes bewegen sich die Blätter an Bäumen, die Windflügel bewegen sich, der Sturmwind deckt Häuser ab, und reißt Bäume samt den Wurzeln aus, wir können Luft in Gefäßen aufbewahren, und eine genaue Untersuchung lehrt uns, daß es selbst auch verschiedene Arten luftförmiger Stoffe gebe.

deren Wirkungen auf materielle Körper sich verschiedentlich äußern folglich sind diese Stoffe ebenfalls material und weil sie material sind auch schwer.

b) <u>Die Festigkeit</u>. Fest heißen diejenigen Körper die nur durch eine merkliche Kraft zerkleinert d.i. in gleichartige Theile getheilet werden können, wie Eisen, Kupf. Platina. <u>Hart</u> hingegen heißt der Körper, wenn er nicht leicht zusammengedrückt werden kan, wie z.B. Steine, die crystallinischen Salze u.s.w. die entgegengesetzte Eigenschaft heißt <u>weich</u>. Der weiche Körper nimt sehr leicht Eindrücke von dem harten an, er läßt sich zusammen drücken und kneten, wie Wachs, Butter, Teig.

c) <u>Die Flüssigkeit</u>. Ist der Zusammenhang zwischen den kleinsten Theilchen der Materie so schwach, daß sie durch die kleinste Kraft getrennet und über einander verschoben werden können, oder ist die Figur der kleinsten Theilchen so beschaffen, daß sich dieselben nur auf gewisse Entfernungen nähern, so sind diese Theilchen in immerwährender Bewegung unter sich und wir sagen daß ein solcher Körper flüssig sey. Der flüssige Körper kann aber unter zwey verschiedenen Zuständen existieren 1) als tropfbar flüssig, wie Wasser, Weingeist, Oele, 2) luftförmig oder elastisch flüssig, wie atmosphärische Luft, und alle Gasarten.

d) <u>Die Sprödigkeit</u>. Wenn sich ein Körper von dem schwächsten Druck

unterscheidet äußere keine Eindrücke von dem Hammer annimt, und von dem dehnbaren dadurch daß er bei einer daraufwirkenden Kraft in Stücke zerspringt, so heißt es, daß der Körper spröde, oder brüchig sey. Beispiele von spröden Körpern geben uns die meisten Salze, Steine, und auch Metalle als Spießglanz, Wismuth.

e Die Dehnbarkeit. Ist der Zusammenhang zwischen den kleinsten Theilen eines Körpers so groß, daß er nicht leicht durch eine andere mechanische Kraft als Stossen, Schlagen, Ziehen aufgehoben werden kann, und erleiden bei Anwendung dieser Kräfte die ihnen unterworfenen Körper eine Veränderung der Figur ohne zu zerbrechen, wie z.B. bei dem Hämmern des Eisens, des Kupfers, des Silbers, die dadurch eine andere Form der Ausdehnung erhalten, ohne zu zerspringen oder zu zerreissen, so werden diese dehnbare oder streckbare Körper genannt.

Einige Körper die geradezu spröde sind, können durch Hülfe der Wärme selbst dehnbar gemacht werden, ein Beispiel davon gibt uns das geschmolzene Glas, welches um gesponnen zu werden doch dehnbar seyn muß.

f) Die Elastizität. Körper welche die Eigenschaft haben sich durch eine auf sie wirkende Kraft zusammendrücken zu lassen, und nach aufgehobenem Widerstand ihren vorigen Raum mit Gewalt wieder einnehmen heißen elastisch; Beispiele davon geben uns das elastische Harz, die Stahlfedern, die durch die Luftpumpe zusammengedrückte Luft. Übrigens sind alle Körper elastisch, einige mehr, andere weniger; die Elastizität der tropfbar flüssigen Körper wird durch den Grad ihrer Temperatur bestimmt und hängt von dem verschiedenen Maße des in ihnen wohnenden Wärmestoffes ab.

Die Grade der Elastizität verändern sich auf vielerley Weise und zwar wird bei einigen Körpern die Elastizität durch die Feuchtigkeit

bei anderen durch die Hitze vermindert, und durch eben dieselbe bei andern Körpern vermehrt, einige behalten ihre Elastizität sehr lange, andere verlieren sie durch die Länge der Zeit. Denn gibt es Körper welche für sich nicht sehr elastisch sind, aber unter einander vermischt eine große Elastizität erhalten z.B. Zinn und Kupfer, jedes allein ist wenig elastisch aber zusammen geschmolzen und zu einer Glocke gegossen äußern sie die größte Schnellkraft.

Glühender Stahl im Wasser jähling abgelöscht wird äußerst elastisch, die übrigen Metalle werden durch das Hämmern elastischer, diese Elastizität hat aber ihre Gränzen denn die zu sehr gehämmerten Metalle zerbrechen eher als daß sie in ihrer Schnellkraft vorschreiten zunehmen.

g) Die Spaltbarkeit. Es gibt Körper z.B. Holz, auch verschiedene Steine deren Theile sich nicht leicht nach jeder Richtung, sondern nur nach gewissen Lagen trennen und spalten lassen, man nennt sie blättrichte, faserichte Körper, da sie aus Blättern oder Fasern bestehen welche unter sich schwächer zusammenhangen als die Theilchen selbst woraus die Blätter oder Fasern zusammengesetzt sind so wird es klar warum sie nach der Richtung, nach welcher der mindere Zusammenhang ist, leichter zu trennen oder zu spalten sind.

h.) Die Feuerbeständigkeit. Feuerbeständig heißen solche Körper welche der Wärme ohne sie zu binden einen vollkommenen Durchgang erlauben, und dabei höchstens in einem flüssigen Zustande erscheinen ohne sich zu verflüchtigen, wie die Erden, das feuerbeständige Laugensalz.

i) <u>Die Flüchtigkeit</u>. Einige Körper haben die Eigenschaft wenn sie erhitzt werden ihren Standpunkt zu verlassen, und sich zu verflüchtigen, ohne übrigens eine beträchtliche Veränderung in ihrer Grundmischung zu erleiden. Bei der Verflüchtigung wird der natürliche Umfang eines Körpers allemal vergrößert, er mag fest, tropfbar oder luftförmig seyn.
Beispiele von festen gibt die Verflüchtigung des Camphers des Schwefels; von tropfbar flüssigen, die Verflüchtigung des Wassers, Weingeistes des Quecksilbers, der ätherischen Oele; vom Luftförmigen, die Ausdehnung der Luft, und aller luftförmigen Flüssigkeiten durch die Wärme.

k) <u>Die Schmelzbarkeit</u> Einige Körper haben die Eigenschaft, wenn sie der Einwirkung des Feuers unterworfen werden, der Wärme einen vollkommenen Durchgang zu gestatten ohne sich zu verflüchtigen zu erleiden aber in ihrem Zusammenhange eine beträchtliche Ausdehnung ohne daß dieser wirklich getrennt wird, und sie erscheinen so lange in einem flüssigen Zustande, als der Zufluß der Wärme unverändert ist. Beispiele davon geben uns einige schmelzbare Compositionen der Erden, und die meisten Metalle.
<u>Unschmelzbare</u> Körper sind solche, welche durch die Einwirkung der Wärme bloß ihrer flüchtigen Bestandtheile beraubt werden.
Ein Beispiel davon gibt uns die Röstung derjenigen Erze welche Schwefel enthalten.
Einige Körper können so lange sie sich in verschlossenen Gefäßen befinden ohne in Verbindung mit der Luft zu stehen die stärkste Hitze aushalten ohne die geringste Veränderung zu erleiden wie z. B. die köstlichste der Diamant, andere können auch glühend gemacht werden, ohne sich zu entzünden, wie die meisten Erden und Steine, wieder andere

verglasen sich. die Verglasbarkeit eines Körpers setzt allemahl seine Schmelzbarkeit mit oder ohne Zusatz eines andern Körpers voraus. Verändern die Körper während der Schmelzung ihren vorigen Zustand so, daß sie dichter werden, eine glatte Oberfläche erhalten, und sodann mehr oder weniger durchsichtig sind, so nennt man sie verglasbaren Körper. Beyspiele davon geben uns die meisten Metallkalke, die Mischung von Kiesel und Alkali, die Verglasung der Erden durch Bleykalke.

Die Cohäsion oder der Zusammenhang der Theile der Körper.

Will man feste, und sogar auch flüssige Körper von einander trennen, so wird hierzu mehr oder weniger Gewalt erfodert die mit der Kraft mit welcher die Theile des Körpers zusammen hangen im Verhältnisse stehet.
Alle festen Körper deren Oberfläche glatt geschliffen ist hängen durch blosses aufeinanderlegen zusammen. Tropfen aller flüssigen Körper von einerley Art, sobald sie sich berühren hängen zusammen – die Erfahrung sagt uns auch daß feste Körper desto stärker zusammenhangen je feiner die Oberflächen mit denen sie sich berühren abgeschliffen, oder poliert sind; daß der Zusammenhang desto stärker sey, wenn die Oberflächen oder vielmehr die Anzahl der Berührungspunkte vergrößert werden.

welches geschieht, wenn etwas Flüssiges dazwischen gelegt wird, und
dieses Flüssige mit der Zeit, oder durch die Kälte verhärtet;
oder die Körper stark zusammen gedrückt werden.
Da bei diesem Versuche durch Schleifung nichts anders bewirkt
wird, als die Oberfläche zu vergrößern, so daß sich mehrere
Punkte einander berühren; da können durch Dazwischenlegung
einer flüssigen Masse die Unebenheiten (: die man auch bei
den glattesten Körpern mit einem Vergrößerungsglas entdeckt :) aus-
gefüllet; und hiermit ebenfalls mehrere Punkte zur wechselseitigen
Berührung gebracht werden; so scheint es der Natur gegrün-
det zu seyn, daß die Stärke des Zusammenhanges im Verhältniß
mit der Größe der Berührungsfläche, oder mit der Menge der
sich berührenden kleinsten Theile stehe. So werden Tücher
durch das Walken stärker als sie vorher waren, weil
dadurch die Menge der Berührungstheile vermehrt wird; Fäden
und Seile sind um so viel stärker aus je feinern Fasern,
die sich um so mehr einander berühren können, sie zusam-
mengesetzt sind.
Die Cohäsion ist mit der Dichtigkeit der Materie nicht immer
verhältnißmäßig, denn oftmals äußern auch die dichtesten
Körper keinen so großen Zusammenhang ihrer Theile als weniger
dichte; so ist z. B. Gold weit dichter als Eisen, und dennoch ist
der Zusammenhang im Golde weit schwächer als im Eisen.
Eine andere Eigenschaft der Körper ist die Adhäsion oder
das Anhängen der Körpertheile; diese findet nur bei verschiede-

artigen Körpern statt, z.B. zwischen festen und flüssigen.

Die meisten festen Körper, als Glas, Stein, Metalle, Hölzer, wenn man sie in Wasser, Weingeist, Oel &c eintaucht, werden davon befeuchtet, oder nehmen bei dem Herausziehen Theilchen von dem flüssigen Körper, die sich an sie anhängen mit sich heraus; das nämliche beobachtet man auch wenn Metalle (Eisen ausgenommen) in Quecksilber getaucht werden.

Wasser hängt sich an alle festen Körper an, nur an jene nicht die mit Oel oder Fett bestrichen; oder mit Bärlappsamen bestreuet sind.

Quecksilber hängt sich nur an die Metalle an, nicht aber auch an andere Körper die vom Wasser benetzt werden, mithin hängen sich nicht alle flüssigen Materien an alle festen an.

Wenn ein flüssiger Körper einen festen befeuchtet, so ist es ein Anzeigen, daß die zusammenhängende Kraft des flüssigen mit dem festen stärker sey, als das Gewicht, und der Zusammenhang der flüssigen Theile unter sich.

Wenn aber der flüssige Körper den festen nicht befeuchtet, so ist zu schließen, daß der Zusammenhang der flüssigen Theile mit dem festen schwächer sey, als das Gewicht und die zusammenhängende Kraft des flüssigen unter sich.

Meistens hängen sich Flüssigkeiten nur an jene festen Körper an, die spezifisch schwerer und dichter sind, als das flüssige selbst; nicht aber so leicht an solche, die spezifisch leichter, und nicht so dicht sind; denn Wasser hängt sich auch an Holz an, obwohl dieses spezifisch leichter, und nicht so dicht ist.

Da der Zusammenhang eine Wirkung der anziehenden Kräfte ist, so sieht man welche Flüssigkeiten mehr oder weniger von festen Körpern angezogen werden, als die flüssigen Theile einander unter sich selbst anziehen.

Wenn sich die Adhäsion von der Berührung in der Ferne schon zeigt; so nennt man sie eigentlich Anziehung (Attraction) und ist ebenfalls eine Natureigenschaft der Körper, mittelst welcher ihre kleinsten Theilchen durch anziehende und zurückstossende Kräfte aufeinander wirken, also auch umgekehrt; wenn sich das Daseyn, oder die Wirkung der Anziehung oder Zurück-stossung in einem unbekannten Princip darthun läßt, so folgert man daß das Princip materiel sey.

Es gibt noch andere Thätigkeiten welche auf die Körper wirken, ohne sichtbar, noch tastbar, noch auf irgend einer Wage wägbar zu seyn, die bis jzt auch bei weitem noch nicht so viel Kennzeichen einer Materie als das Licht darbiethen, und die wir dennoch als körperlich anzunehmen berechtigt sind; dieß ist der Fall mit den unbekannten Ursachen welche man Glas= und Harz=Electrizität nennt. Bis jzt hat es wohl noch nicht gelingen können, irgend etwas materielles an denselben darzuthun. Zwar ziehen sie sich wechselseitig an, und stossen sich zurück, allein nur unter ihnen selbst findet diese Wirkung statt. Die Wahrscheinlichkeit der Materialität findet auch in Hinsicht der magnetischen Kräfte statt, welche man in verschiedenen Metallen entwickeln kann.

stronger Wahrscheinlichkeit hingegen hat man für die Materialität der Wärme, denn ihr mangelt nicht nur allein jene Eigenschaften welche die Materie charakterisiren, sondern da man die Gesetze ihrer Bewegung, und ihres Gleichgewichts, noch nicht vollkommen kennt, so läßt sich ihre Materialität, nicht einmal mit derselben Wahrscheinlichkeit, wie die des Lichts und des Magnetismus behaupten; obwohl sich die Wärme in den Körpern verbreitet, aus einem in den andern übergeht sich in ihnen bindet, aus ihnen entbindet, und die anziehenden Kräfte ihrer kleinsten Theilchen modifizirt, so zeigt jedoch keine dieser Eigenschaften auf eine unwiderlegbare Art, daß die Wärme materiell sey.

Von der Cohäsion insbesondere.

Da die Wissenschaft von der Cohäsion der Körper, und besonders von der Stärke der festen Körper, wie auch von der Adhäsion der flüssigen an feste zur Untersuchung der meisten Naturerscheinungen nothwendig und wichtig ist, auch sich darauf vorzüglich jener Theil der Baukunst gründet, welcher von der Festigkeit und Dauer der Gebäude handelt, so soll vorerst die Theorie der Cohäsion etwas näher untersucht werden.

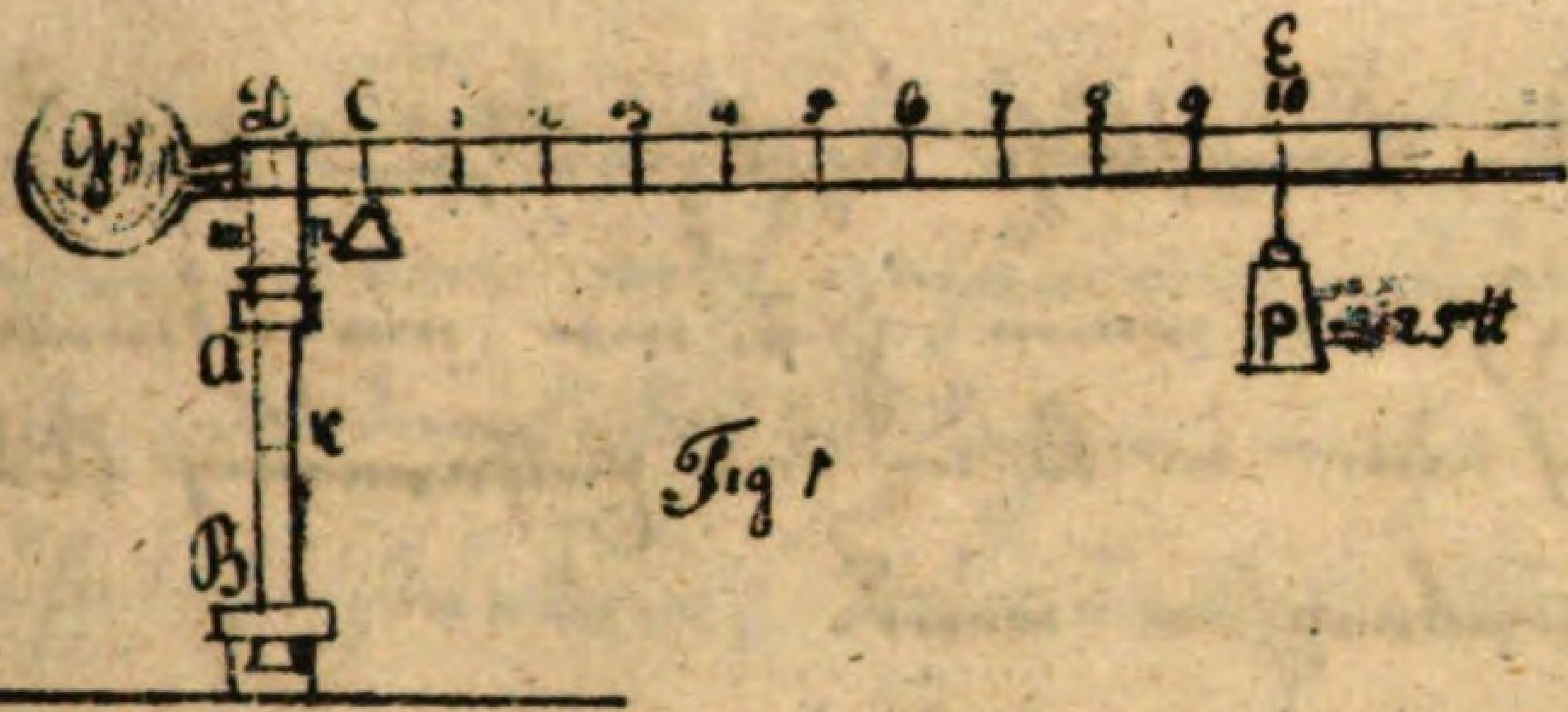


Fig 1

Wie stark ein fester Körper AB zusammenhänge läßt sich durch ein entgegen=
wirkendes Gewicht p bestimmen welches von C aus so weit nach F hin an
dem Wagebalken DF verschoben wird, bis der Körper AB irgend=
wo, z. B. in K zerbricht.
Ist der lange Arm DF mit dem kürzern Dg und den daran hangenden Ketten m n
im Gleichgewichte das Gewicht p = 25 ℔ und der Balken AB reißt in K
sobald das Gewicht p in E auf dem 10ten Theilstriche z. B. ankommt, so wird wenn DC =
= 1.C = 2.0 = 3.0 etc ist die Stärke K des Balkens AB = 25.10 = 250 ℔ seyn.

Anmerkung Wenn z. B. der Körper von dem Gewichte P℔ nicht zerbricht, von dem
Gewichte (P+1) ℔ aber zerbrochen wird, so ist die gesuchte Stärke des
Körpers zwar kleiner als P+1, aber es werden doch auf diese Art
enge Gränzen gefunden zwischen welche die Stärke des Körpers
hineinfällt.

Die Stärke der Körper läßt sich in zweyerley Rücksicht betrachten, als
absolut, und als relativ — Absolut heißt sie, wenn die Richtung
der Kraft welche denselben abreissen, zerbrechen soll, durch
die Bruchfläche geht, und durch keine Entfernung vergrößert
ist, wie in dem obigen Versuche, oder wenn z. B. ein an
einem Haken hangender Faden von einem Gewichte
angezogen wird.

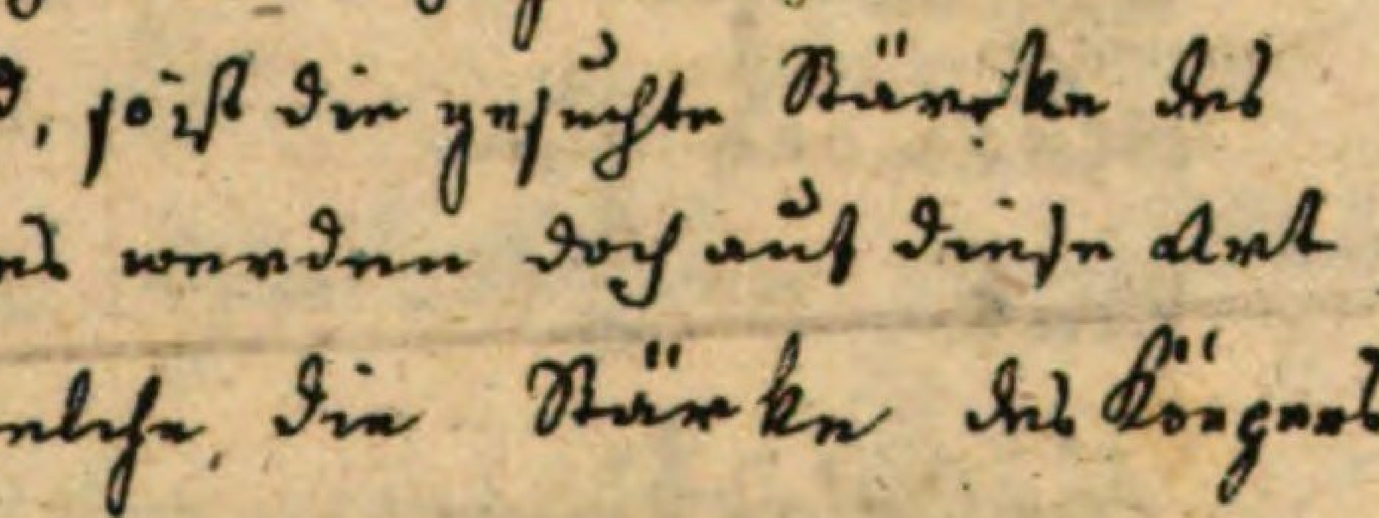


Fig 2

Relativ heißt die Stärke des Körpers
wenn dieselbe durch eine Kraft p bestimmt wird die in einigen

Entfernung von der Bruchfläche vergrößert, und dadurch ver=
größert worden ist; wie wenn z. B. ein eingeklemmter
Balken AB durch ein in B in der Entfernung AB angebrachtes
Gewicht p, bei A zerbrochen wird.

Die absolute Stärke einiger Metalle ist nach Fig 1./ mit Stäben von
0,118 bair. Zollen im Gevierte untersucht worden und die Resul-
tate waren folgende.

Deutsches Eisen zerreißt von 1930 ℔.
feines Silber " mit 1156 "
schwedisches Kupfer " " 1054 "
feines Gold - - - - - - 578 "
Banca-Zinn - - - - - - - 150 "
Malacca-Zinn - - - - - - 91 "
Zink - - - - - - - 76,83 "
Spießglaskönig - - - - - 30 .
englisches Bley - - - - - - 25 "

Gegossene cylindrische Drähte von 0,107 bair. Zollen im Durch-
messer zerrissen mit folgenden Gewichten.

Der Drath vom reinsten Gold zerriß mit 500 Pfund
" " Eisen - - - 450 "
Silber - - - - 370 "
" Messing - - - - 360 "
" Kupfer - - - - 299 "
" Zinn - - 49,5
" Bley - - - 29,25.

Bey Prüfung der Stärke der Metalle ist wohl zu untersuchen, ob sie nur gegossen oder auch gehämmert seyen; denn die gehämmerten, da sie durch das Schlagen mehr verdichtet werden sind gewöhnlich stärker, das nämliche Metall welches gegossen nur 638 tt getragen hat, trug nachdem es gehämmert worden ist 1098 tt. Ferner ist zu bemerken, daß bald reine Metalle, bald verschiedentlich vermischte gebraucht werden; die Mischung aber bei einigen die Stärke vermehrt, bei andern vermindert: So wird z. B. Gold vom beygemischten Silber stärker, und zwar erhält man die größte Stärke, wenn zu 2 Theilen Gold, ein Theil Silber gemischt wird.

Wird Kupfer unter Gold gemischt so erlangt das Gold eine noch so große Stärke als vom Silber, am stärksten wird es wenn zu 7 Th. Gold ein Theil Kupfer gemischt wird.

Die Stärke des Silbers wird durch beygemischtes Kupfer vermehrt, das Silber wird auch stärker wenn zu 4 Th. Silber 1 Th. Zinn gemischt wird, diese Composition würde aber sehr gebrechlich wenn man mehr Theile Zinn z. B. 2 oder 3 nehmen würde, dieselbe Bewandtniß hat es wenn dem Silber Bley. Zink, oder Wißmuth beygemischt würde.

Der Zusammenhang des Kupfers wird verstärkt, wenn zu 5 oder 6 Theilen Kupfer 1 Th. Zinn, oder zu 4 Theilen Kupfer 3 Theile Zink eingeschmolzen werden.

Von Wißmuth und Eisen wird das Kupfer sehr brüchig.
Die Stärke des Zinnes wird mit Beymischung von Bley vergrößert, besonders wenn zu 3 Th: Zinn ein Theil Bley genommen wird. Zinn wird auch stärker wenn zu 3 oder 4 Theilen Zinn, ein Theil Wißmuth, oder zu 10 Th. Zinn, 1 Theil Zink; oder zu 3 Th. Zinn 1 Th Spießglas könig zugesetzt wird.

Bley erhält mehr Stärke, wenn demselben Zinn, Zink oder Wißmuth zugesetzt wird, Setzt man zu 8 Th. Bley einen Theil Spießglas könig so erhält die Composition einen starken Zusammenhang, mehr Zusatz schwächt aber denselben

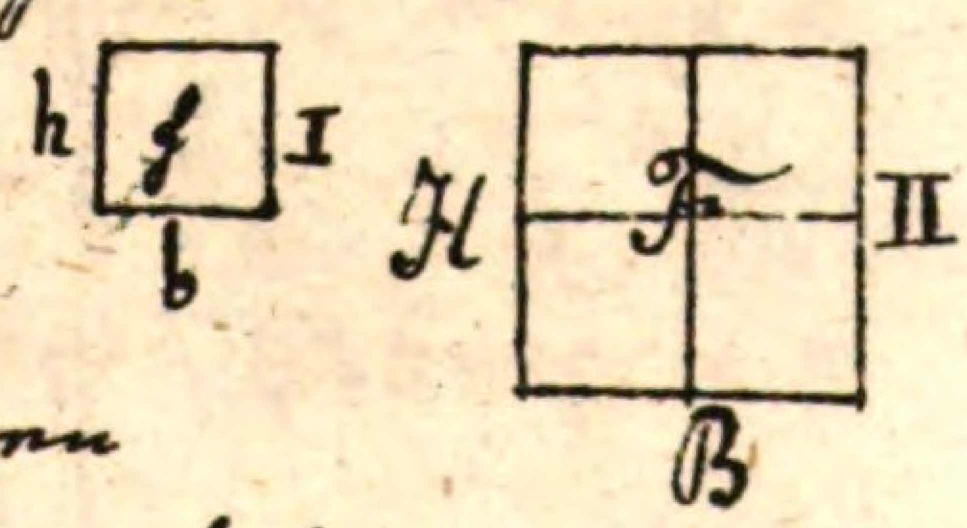
Für jeden Falle verhalten sich aber die absoluten Festigkeiten zweyer verschiedenen Metalle, oder Compositionen gegen einander wie, (wenn man damit die Versuche anstellet;) die zum Zerreißen angewendeten Gewichte –
So ersieht man aus der voran gesetzten Tabelle, daß 3 Pa= rallelepipedum von Eisen mit 450, und jenes von Silber mit 370 ℔ zerreißt; also verhält sich die absolute Festigkeit des Eisens bei einerley Durchschnitte, zu jener des Silbers wie 450 : 370 das ist wie 45 zu 37.
Eben so findet man daraus daß die absolute Festigkeit des Eisens zu jener des Messings sich verhalte wie 450 zu 360, das ist wie 5 zu 4

Ähnliche Versuche wurden mit Parallelepipeden von 0,29 Rhein. Zollen ins Gevierte von verschiedenen Holzarten angestellt und es fand sich daß:

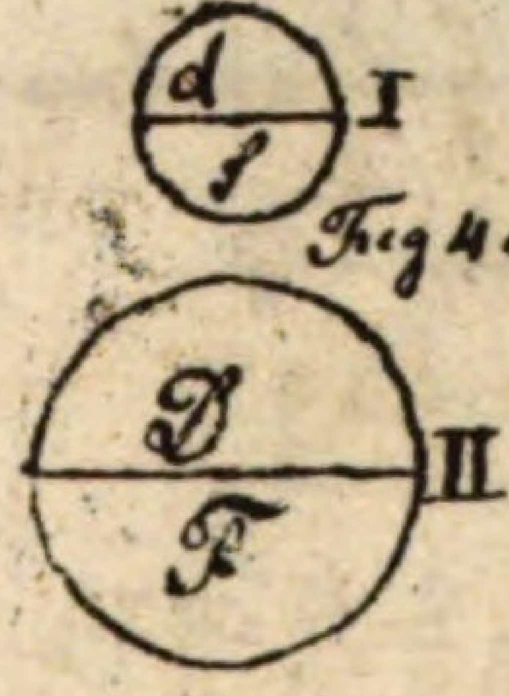
Buchenholz zerriß von	1250 ℔. = k.	
Eschenholz - - - - - - -	1250 ,,	$h = b = 0{,}29''$
Eichenholz - - - - - - -	1150 ,,	$f = bh = 0{,}29 \cdot 0{,}29$
Linden- und Erlenholz	1000 ,,	$f = 0{,}0841 \,\square'' = h^2$
Ulmenholz	950 ,,	
Tannenholz - - - -	600 ,,	
Fichtenholz - - - - - -	500 ,,	

Aus dieser Tabelle ersieht man daß sich die absolute Festigkeit des Buchenholzes zu jener des Fichtenholzes wie 1250 : 500 das ist wie 5 : 2 verhalte

Aus den angeführten Versuchen läßt sich auch die absolute Stärke anderer Parallelepipeden od. Cylinder von verschiedener Dicke durch Rechnung bestimmen, doch müssen sie von einerley Materie und die Dicke der ganzen Länge nach sich gleich seyn. Fig 3.



Es seyen diese zwey Parallelepipeden deren Grund-Flächen f und F sind, so kann man sich vorstellen daß das größere Parallelepipedum II aus einigen kleineren I zusammengesetzt sey, deren jedes so stark ist als das kleinere selbst, mithin verhält sich die Stärke des Parallelepipedums I zur Stärke des Parallelepipedums II, wie 1 zur Anzahl der Parallelepipeden, aus welchen das Parallelepipedum II zusammengesetzt ist – Das Parallelepipedum II wird demnach umso viel mal


Fig 4.

stärker seyn, als das Parallelepipedum I, so oft die Grundfläche f des Parallelepipedums I, in der Grundfläche F, des Parallelepipedums II, enthalten ist.

Dieses Verhältniß hat es auch mit den cylindrischen Stäben zwischen gleichartigen Körpern, denn auch die absolute Stärke des Cylinders II, wird um soviel größer seyn als jene des Cylinders I, soviel mal die Grundfläche f des Cylinders I, in der Grundfläche F des Cylinders II enthalten ist.

Da sich aber die ähnlichen Grundflächen wie die Quadrate ihrer gleichnahmigen Seiten, und Kreise sich wie die Quadrate ihrer Durchmesser verhalten, so verhalten sich auch die absoluten Stärken zwischen gleichartigen Parallelepipeden, oder Cylinder wie die Quadrate der gleichnamigen Seiten ihrer Grundfläche.

In Fig 3 ist die Grundfläche f gleich dem Produkte aus der Grundlinie b, in die Höhe h, also $f = bh$, aber so ist auch für das Parallelepipedum II dessen Grundfläche $F = BH$.

In Figur 4 ist die Fläche f des Cylinders I wie in der Geometrie erwiesen wird $f = \frac{d^2\pi}{4}$, worin d = dem Durchmesser der Kreisfläche, und $\pi = 3,14159\ldots$ ist; aber so ist jene des Cylinders II. $F = \frac{D^2\pi}{4}$ und somit wenn k die durch Versuche gefundene absolute Stärke des Parallelepipedums I bedeutet, so wird jene des Parallelepipedums II die wir allgemein $= K$ setzen wollen

$K = \frac{kF}{f} = \frac{k.BH}{bh}$ oder wenn wie Fig 3. $b=h$ und $B=H$ ist, so ist auch $K = \frac{kH^2}{h^2}$ und eben so wird für cylindrische Stäbe $K = \frac{kD^2}{d^2}$.

I Aufgabe. Welche ist die absolute Stärke eines Stabes deutschen Eisens, der einen Zoll ins Gevierte hat? Hier ist die Grundlinie gleich der Höhe, also die Formel $K = \frac{kH^2}{h^2}$ anzuwenden.
Aus den mit deutschem Eisen angestellten Versuche ist nun $h = 0,118''$ ferner $k = 1930$ ℔ und gegeben ist $H = 1''$.
Diese Werthe in die obige Formel substituirt geben

$$K = \frac{1930 \cdot 1^2}{(0,118)^2}$$ und somit

$$K = 1930 : 0,013924 = 138609 \text{ ℔}$$

Die absolute Festigkeit dieses Eisenstabes der einen Zoll ins Gevierte hat, ist demnach = 138609 ℔ d. h. Es würden 138609 ℔ erfordert um denselben der Länge nach abzureißen.

II Welche ist die absolute Stärke eines Stabes Fichtenholzes der einen Zoll ins Gevierte mißt.
Aus den angestellten Versuchen findet man daß ein Parallelepipedum Fichtenholz von 0,29 bair. Zollen ins Gevierte mit 500 ℔ riß. Also ist $h = 0,29$ und $K = 500$ und $H = 1$, und somit wird in der Formel $K = \frac{kH^2}{h^2}$

$$K = \frac{500 \cdot 1^2}{0,29^2} = \frac{500}{0,0841} = 5945 \text{ ℔}.$$

Die absolute Festigkeit dieses Fichtenstabes der 1'' ins Gevierte hat ist demnach 5945 ℔.
Mit Anwendung eben dieser Formel, nach dem Versuch daß ein Parallelepipedum Buchenholz von 0,29 bair. Zoll ins Gevierte mit 1250 ℔ brach findet man daß ein ähnliches von Buchenholz und 1'' ins Gevierte mit 14763 ℔ abreißen wird.

IV Aufgabe. Welches ist die absolute Festigkeit einer eisernen Stange die 4 Linien im Durchmesser hat

Auflösung. Hier ist aus der Tabelle für cylindrische Drähte $\kappa = 450$. $d = 0{,}107$ und aus der Aufgabe $D = \frac{4}{12}''$ und somit wird die absolute Festigkeit dieser eisernen Stange

$$K = \frac{\kappa D^2}{d^2}$$

$$\text{also } K = \frac{450 \cdot \left(\frac{4}{12}\right)^2}{(0{,}107)^2} = \frac{50}{0{,}011449} = 4367 \text{ ℔}$$

Wenn alles übrige gleich ist, so ist die Auflösung dieser Aufgaben ganz richtig. Es kommen aber in verschiedenen Körpern auch verschiedene Ursachen vor, durch deren Wirkungen die gegebenen Formeln in der Anwendung nicht so genau zutreffen, ja selbst wenn Jemand die oben angeführten Versuche wiederholen würde, so würde der Erfolg in manchen verschieden seyn; denn die Stärke der Metalle und Hölzer kann aus verschiedenen Ursachen größer und geringer seyn, und zwar hängt diese Verschiedenheit ab.

I Bei den Metallen von der Bearbeitung, der Schmelzung, der Composition &c wie schon angeführt worden ist.

II Bei den Holzarten. Hier sind in den gesunden jungen Bäumen die Ringe zunächst an dem Herzen die festesten, bei den älteren Bäumen hingegen diejenigen die einerseits an

das Herz, andertheils an die Rinde grenzen.

Eichenholz welches auf einem mittelmäßig lockeren, und mehr [illegible] als feuchten Boden gewachsen ist, kann ungefähr 2 mal mehr Last tragen als anderes.

Eichen welche in warmen Ländern wachsen, sind gewöhnlich härter und dichter, und der Fäulniß weniger unterworfen, als andere aus kältern Ländern; denn der Nahrungssaft wird in wärmeren Gegenden von der Sonnenhitze mehr gereiniget, und dadurch geschickter gemacht in die Substanz des Holzes überzugehen. Weil ferner die Ausdünstung bei größerer Hitze vermehret wird, werden die überflüssigen Feuchtigkeiten leichter hinweggeschafft, dadurch muß die Festigkeit des Holzes zunehmen. —

Aus derselben Ursache geben auch in unseren Gegenden diejenigen Bäume meistens ein stärkeres Holz welche gegen die Mittagsseite gepflanzt sind, als andere gegen die Nordseite.

Bäume welche am Fuße der Berge, an den Gränzen dichter Wälder wachsen, haben gewöhnlich ein dauerhafteres Holz als andere; denn sie sind der freyen Luft, und der Sonnenhitze mehr ausgesetzt; erhalten daher mehr, und bessern Nahrungssaft. Bekanntlich geht die Nahrung auch aus der Luft durch die Blätter und Rinde in die Pflanzen.

Wenn die Bäume ehe sie gefällt, der Rinde beraubt werden, und so, nach und nach abstarben, nehmen sie an Dichte, Härte und Festigkeit ungemein zu, und geben ein viel stärkeres Holz, als gemeinhin ist; wo die Rinde erst alsdann hinweggenommen wird, nachdem die Bäume schon

gehauen sind. Die wahrscheinliche Ursache davon ist, weil ein Baum z. B. eine Eiche, von der Rinde entblößt noch einige Jahre sein Leben zwar erhält, aber doch sehr wenige Zweige hervorbringt. Da indessen der Baum an Dike nicht mehr zunimt, weil nach abgezogener Rinde die Materie fehlet, woraus neue Ringe entstehen, und der Splint, wie auch das Holz anwachsen können. – Dahingegen wird der Nahrungssaft größtentheils zur Vermehrung der Dichte und Härte verwendet. Es ist aber zu bemerken, daß die Rinde abgestreift werden müsse, wenn die Bäume im vollen Safte sind.

Daß auch wohlgetroknetes Holz stärker sey, als grünes, ist aus der täglichen Erfahrung gewiß. – Wenn ein Balken, der noch nicht recht troken ist an einen Ort gesetzt wird, wo er nicht gehörig ausdünsten kann, so verdirbt der Saft und das Holz; daher ist es kein Wunder daß die äussern Theile eines Balkens oft verfaulen, wenn sie vorher ohne gehörig ausgetroknet zu seyn in Mauern eingeschlossen werden, wodurch die Ausdünstung verhindert. Wenn nebst dem der Ort noch feucht und warm ist, so wird die Fäulniß um so mehr beschleuniget. –

Es ist nicht rathsam Hölzer welche nicht gehörig troken sind mit Oel, Farbe oder einer andern fetten Materie zu überziehen. – Denn dadurch werden die Poren verschlossen die Ausdünstung wird verhindert, und daher die Ursache daß sie oft geschwinder verderben, als wenn sie blos dem

dem Winde und Wetter ausgesetzt wären.
Indessen wenn ein Holz alle seine Feuchtigkeit verloren hat, so verliert es auch seine Festigkeit, wie gebrauchte Schiffg. Marmor=stein. u. d. gl.

Wieviel Zeit aber erfordert werde, damit das Holz gehöriger Maßen austrockne, kann nicht genau bestimmt werden; zwey oder drey Jahre sind für die gröbern Holzarten gemeiniglich hinreichend.

Das Holz der Luft, dem Winde, der Sonne ganz frey zum trocknen auszusetzen, ist nachtheilig; soll dieß aber doch aus Mangel besonderer Behältnisse geschehen, so kann folgendes mit Nutzen beobachtet werden:

1) Der Boden auf welchem es gelegt werden soll, wäre zu glatten, oder mit einem Mörtel zu überziehen, damit das Holz von unten her von den aufsteigenden Erddünsten nicht beschädiget werde; und damit das Regenwasser ablaufen könne, wäre der Boden ab=hängig zu machen. 2) Wäre die unterste Holzlage etwas von der Erde zu entfernen, damit die Luft unten durchstrei=chen könne, und somit wären 3) zwischen jede Lage von Balken oder Brettern kleine Holzstücke aus der nämlichen Ursache zu legen, und endlich das ganze mit einer Bedachung zu versehen.

Einen Vortheil an Festigkeit sollen die Hölzer auch dadurch erhalten, wenn man dieselben sobald sie gehauen sind einige Monate hindurch, unter das Wasser versenkt und dann erst austrocknen läßt; indem sie nach=gehends von den Würmern befreyet bleiben sollen.

Bei Stricken ist das Zusammendrehen der Fäden ihrer Stärke nachtheilig, so zwar daß ein Strick aus 6 zusammengedrehten Fäden weniger Gewicht trägt, als aber diese 6 Fäden zusammen, wenn sie parallel sind. Denn die Fäden können ohne Spannung ihrer Theile nicht gekrümmt werden, welches aber so viel macht als wenn wirklich schon ein Gewicht daran hienge; die Theile werden dadurch verlängert, gegen und übereinander bewegt, abgerieben und somit der Zusammenhang derselben geschwächt.

Je weniger die Stricke gekrümmt und gedrehet werden, desto stärker sind sie. Die Seiler pflegen sie so zu drehen daß sie $\frac{1}{3}$ ihrer Länge kür=zer werden, sie werden aber dadurch geschwächt.

Ein hanfener Strick welcher nur um $\frac{1}{5}$ seiner Länge der Fäden kürzer gemacht worden war trug 6200 ℔, während ein anderer von der nämlichen Materie und Schwere, welcher $\frac{1}{3}$ kürzer gemacht war nur 4098 ℔ hielt.

Je feiner der Hanf oder Flachs gehechelt ist, desto stärkere Stricke gibt er, so ist ein Strick von schlecht gehechelten Hanfe von 5754 ℔ gerissen, da ein anderer der eben so dick und schwer, aber aus feineren Fäden gemacht war, 6638 ℔ gehalten hatte. — Durch das fleissige Hecheln werden die rauhen, brüchigen, fremdartigen Theile, die nicht wohl mit den andern zusammen hangen hinweggebracht.

Ein trockener Strick kann mehr Gewicht tragen als ein feuchter, da ein trockener Strick 5400 ℔ hielt, hat der nämliche befeuchtet nur 4000 ℔ getragen, denn die Feuchtigkeit treibt die Fibern auseinander und löset sie auf.

Leinwand und Stricke sind an Stärke verschieden, je nachdem der Flachs oder Hanf auf einem bessern oder schlechtern Boden gewachsen ist, und je nachdem die Witterung feuchter oder trockner, kälter oder wärmer war. Die Stärke ist auch verschieden je nachdem der Flachs oder Hanf die gehörige Zeit der Fäulniss erhalten hat, wenn er zu sehr gefaulet hat, so gibt er schwächere Fäden und Stricke, hat er aber

zu wenig gefault so bleiben die Fasern zu stark und zu spröde.

Von der relativen Festigkeit der Körper.

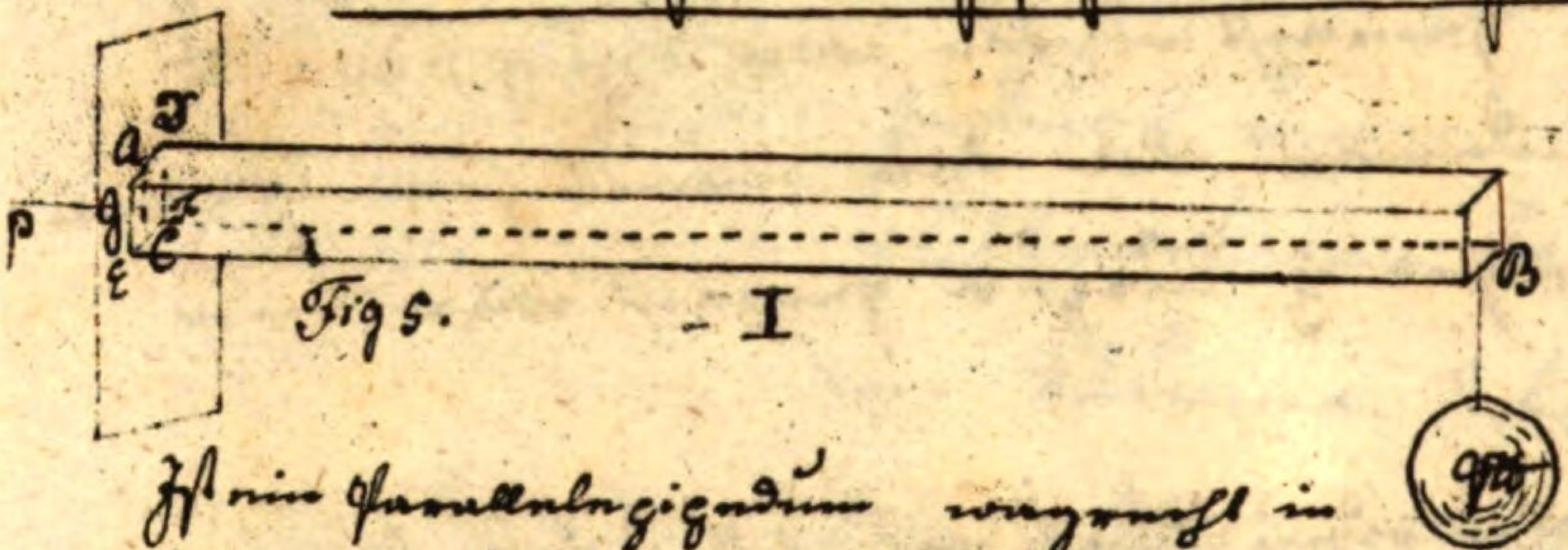


Fig 5.

Ist ein Parallelepipedum wagrecht in eine Mauer eingelassen und eine an dem andern Ende B angebrachte Last q bestrebe sich das Parallelepipedum I in einer auf CB senkrechten Richtung abzubrechen, und es breche dieses wirklich in DE sobald eine in Bewegung gebrachte Last q+1, so ist q die relative Stärke des Parallelepipedums. Der Widerstand oder der Zusammenhang aller Fibern welche in der Ebene DE sollen gebrochen werden d.i. die absolute Stärke des Parallelepipedums heiße p. Ferner sey die Breite des Balkens $EF = b''$ dessen Höhe $AC = h''$ und dessen Länge $CB = l$ Zoll, so ist die Formel für die relative Festigkeit des Balkens $q = \frac{\frac{1}{2} ph}{l}$, worin wenn noch K die absolute Stärke des Quadratzolles Querschnitts eines gleichartigen Körpers bedeutet $p = Kbh$ ist, und somit ist auch $q = \frac{\frac{1}{2} Kbh^2}{l} = \frac{Kbh^2}{2l}$

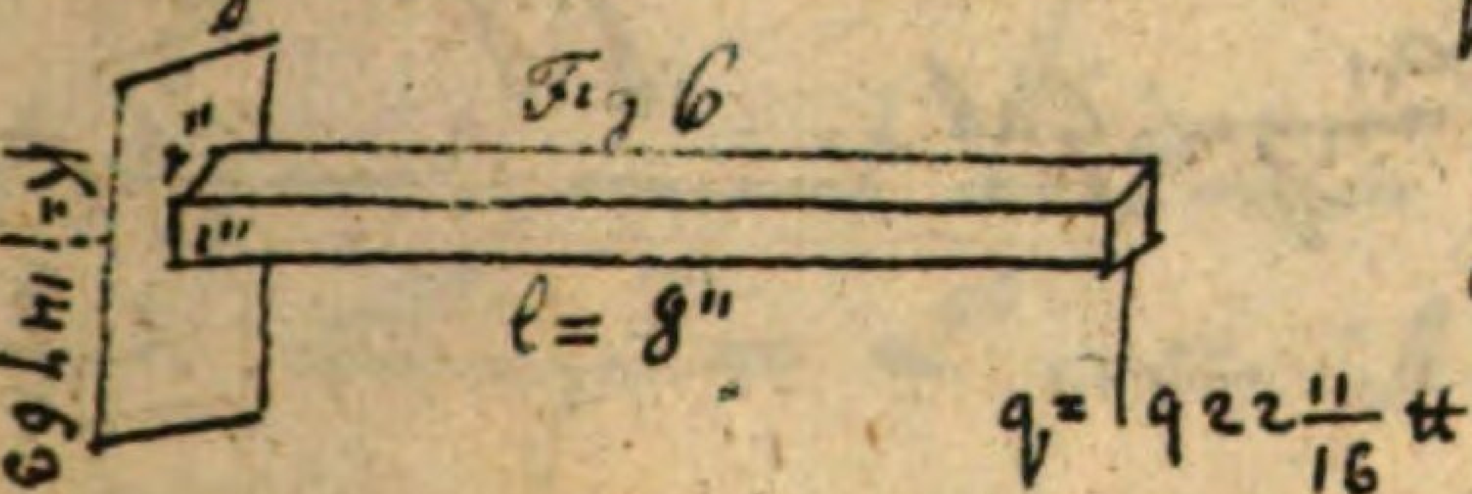
Das heißt man erhält die relative Stärke eines Balkens, wenn man seine absolute Stärke für den Quadratzoll mit seiner Breite, dieses Produkt noch mit dem Quadrate seiner Höhe multiplizirt u. das Resultat durch die doppelte Länge dividirt.

<u>Aufgabe</u>. Welche ist die respektive Stärke eines Stabes Buchenholz der einen Zoll ins Gevierte, und 8 Zoll Länge hat.

<u>Aufl</u>. Aus einem vorhergehenden Beispiele ist dessen absolute Stärke für den Quadratzoll $K = 14763$ ℔ gefunden worden und weil nun der Stab einen Zoll ins Gevierte hat, so ist $b = 1''$ und $h = 1''$ ferners ist dessen Länge $l = 8''$, und somit hat man, wenn man in der Formel $q = \frac{Kbh^2}{2l}$ anstatt der Buchstaben ihre Werthe substituirt, die respektive Stärke

$$q = \frac{14763 . 1 . 1^2}{2 . 8} \text{ und somit}$$

$$q = \frac{14763}{16} = 922\tfrac{11}{16} \text{ ℔}.$$



Das Parallelepipedum wird also nach der angezeigten Vorrichtung durch einen Last von $922\frac{11}{16}$ ℔ gebrochen welche für den Stand des Gleichgewichtes noch um die halbe Schwere des Parallelepipedums zu vermindern ist.

Da aber, wenn man von dem Kleinern auf das Größere schließt wirklich angestellte Versuche die relative Festigkeit zu weilen etwas geringere geben als die Rechnung sie gibt, und ein Balken nach längerer Zeit

von einer Last gebrochen wird die er bis dahin trug, und da endlich nicht blos das brechen sondern auch das merkliche Biegen zu vermeiden ist; so gehet man am sichersten, wenn man die durch Rechnung gefundenen respektive Festigkeit des Balkens in der Ausübung nur für halb so groß annimmt. oder $q = \frac{Kbh^2}{4l}$ setzet.

<u>Aufgabe</u>. Welches ist die relative Festigkeit eines Fichtenbalkens der 6" in der Breite, 8" in der Höhe und 16 Fuß d.i 216 Zollen in der Länge hat.

<u>Auflösung</u> Es ist $q = \frac{Kbh^2}{2l}$.

Nun ist für diese Aufgaben $b = 6''$
$h = 8''$
$l = 216''$ und aus einer vorhergehenden Aufgabe ist $K = 5945$ ℔ gefunden worden, somit ist

$$q = \frac{5945 \cdot 6 \cdot 8^2}{2 \cdot 216} = \frac{5945 \cdot 6 \cdot 64}{432}$$ dieses

gibt $q = 5284$ ℔. und demgemäß ist anzunehmen, daß dieser Balken in der Ausübung einer Last von $\frac{5284}{2} = 2642$ ℔ widerstehen werde, in welcher Belastung auch noch das halbe Gewicht des Balkens enthalten ist.

Auch für einen andern Balken von derselben Materie dessen Breite = B", Höhe = H" und Länge = L Zolle ist; hat man dessen relative Stärke $Q = \frac{kBH^2}{2L}$;

aus beiden ergibt sich die Proportion $q : Q = \frac{bh^2}{l} : \frac{BH^2}{L}$.

d.h. die rückwirkenden Festigkeiten zweyer Balken von derselben Materie verhalten sich wie die Produkte der Breiten in die Quadrate ihrer Höhen, dividirt durch die Längen; da man hat im Vergleich mit einem Balken dessen rückwirkende Festigkeit = q ℔, Breite = b" Höhe = h", und Länge = l" gegeben sind, die rückwirkende Festigkeit eines andern Balkens dessen Breite = B Höhe = H und Länge = L Zolle ist.

$$Q = \frac{qBH^2l}{bh^2L}$$

Es sind folgende Versuche mit Säulchen liegenden von 0,29 rhein. Zollen ins Gevierte gemacht worden, die Entfernung der brechenden Last betrug 10,8 Zolle.

Buchenholz brach von 95 Loth = q.
Eichenholz 85 "
Erlenholz - - - - 81 "
Ulmenholz - - . . . 74 "
Tannenholz - . . . 67 "

Fichtenholz brach von 68 Loth.

Um diese Versuche in Anwendung zu bringen, habe z.B. einen eichenen Balken in seiner Länge $L = 160$ zollen in der Breite $B = 9''$ und Höhe $H = 20$ zollen; welches ist seine relativen Festigkeit: Sie ist.

$$q = \frac{Q\,B\,H^2\,l}{b\,h^2\,L}$$ aus den oben angestellten Versuchen habe ich

für Eichenholz $q = 81$ Loth. $b = 0{,}29''$, $h = 0{,}29''$ und $l = 10{,}8$ zoll. ferners ist gegeben $B = 9''$, $H = 20''$ und $L = 160$ zoll; und somit hat man, wenn in die obigen Formel anstatt der Buchstaben ihre Werthe substituirt werden.

$$Q = \frac{81 \cdot 9 \cdot (20)^2 \cdot 10{,}8}{0{,}29 \cdot (0{,}29)^2 \cdot 160} = \frac{81 \cdot 9 \cdot 400 \cdot 10{,}8}{0{,}29 \cdot 0{,}0841 \cdot 160}$$

$$Q = \frac{3149280}{3{,}90224} = 807507 \text{ Loth} = 25234 \text{ ℔ ungefähr.}$$

Weil aber zu aller Sicherung in der Ausübung hievon die Hälfte zu nehmen, auch das halbe Gewicht des Balkens davon abzuziehen ist, so sind an dem gefundenen Resultate noch folgende Berichtigungen zu machen, nämlich:

Der körperliche Inhalt des Balkens ist $\frac{9 \cdot 20 \cdot 160}{1728} = 16{,}7$ Cubikfuß ungefähr und da ein Cubikfuß Eichenholz beinahe 52 bair. ℔ wiegt

so wiegt der ganze Balken ~~90~~ 868 ℔, die Hälfte davon ist 434 ℔, und diese von 25234 abgezogen, verbleiben noch 24800 ℔, welche der Balken an seinem äussersten Ende höchstens tragen kann. Ist nun dieser Balken wirklich bestimt in der Entfernung von 160 Zolle eine Last zu tragen und zu erhalten, so darf diese der schon gemachten Bemerkungen gemäss nicht grösser als die Hälfte der berechneten, somit höchstens nur 12400 ℔ seyn.

Uebrigens können diese Berechnungen durchaus nur für eine Annäherung zur Wirklichkeit gelten, denn bei Berechnung der respektiven Festigkeit ist vorausgesetzt worden, als wären alle Fibern in der Bruchebene gleichartig, und von gleicher Stärke, und als wenn die Fibern ehe sie brechen weder ausgedehnt noch zusammen gedrückt würden; aber keines von beiden ist wirklich so beschaffen, denn kaum ist eine Fiber der andern gleich, die obern Fibern werden ausgedehnt ehe sie brechen, die untern dagegen zusammengedrückt. Von diesen zweifachen Hindernissen kommt es her; daß die angestellten Versuche niemals ganz genau mit der Theorie übereinstimmen; indessen stimmt doch die gegebene Auflösung mit den angestellten Versuchen

um so mehr überein, je härter und unbiegsamer die Körper sind.

<u>Aufgabe</u> Nach einem vorhergehenden Beispiele hat man die relative Festigkeit eines Fichtenbalkens der 6" in der Breite, 8" in der Höhe und 18 Fuß oder 216 Zolle in der Länge hatte = 5284 ℔ gefunden, welches wäre nun diesem gemäß die relative Festigkeit Q eines anderen Fichtenbalkens der 12 Fuß in der Länge, 5 Zolle in der Breite und eine 6" hohe Kante hat. Auflösung, es ist $Q = \frac{q B H^2 l}{b h^2 L}$. für diese Aufgabe ist $q = 5284$, $b = 6''$, $h = 8''$ und $l = 216''$ ferner ist $B = 5''$, $H = 8''$ und $L = 12$ Fuß $= 144''$ daher nachdem den Buchstaben ihre Werthe substituirt erhält man

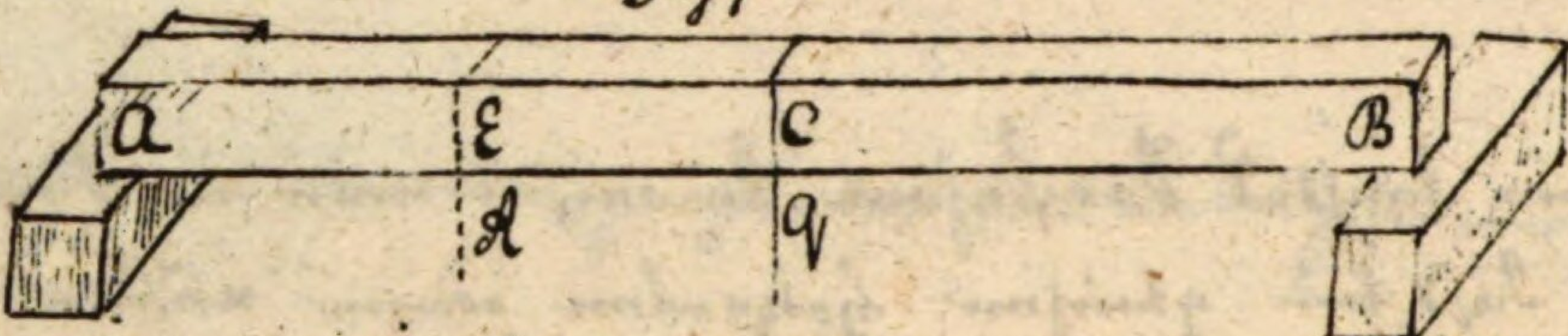
$$Q = \frac{5284 \cdot 5'' \cdot 6^2 \cdot 216}{6'' \cdot 8^2 \cdot 144.}$$

$$Q = \frac{5284 . 5 . 36 . 216}{6 . 64 . 144 .} = 3715 ℔$$

Von welcher gefundenen relativen Festigkeit für die Anwendung noch das halbe Gewicht des Balkens abzuziehen, und von dem Überreste die Hälfte zu nehmen ist.

Auch ein leichtes Versuchen beweiset man in der Mathe-
matik daß bei gleichen Holzarten wenn außer den
Höhen alle übrigen Ausdehnungen in die Länge und
Breite einander gleich sind, sich die relativen Festig-
-keiten wie die Quadrate der Höhen verhalten
daher ist es, wenn ein Balken eine Last zu tragen
hat nicht einerley auf welcher Seite er aufgelegt werde.
Soll nämlich ein Balken die größt möglichste Last
tragen so muß die Richtung dieser Last durch sei-
ne größte Dicke gehen mithin der Balken auf
seiner schmalen Seite aufliegen.
Wenn zwey Balken gleiche Länge und gleiche Breite
haben, und von gleicher Holzart sind, aber der eine
doppelt so hohe Kante als der andere hat, so wird auch
der doppelt so hohe nicht zwey- sondern viermal mehr
Last tragen können, als der einfach hohe.
Uebrigens wird aus einem runden Baum der stärkste
vierekige Parallelepipedum dadurch gehauen, wenn
man es so haut, daß sich seine Breite zur
Höhe wie 1 : 1,414; oder beinahe wie 2 : 3 ver-
halte.
Ein an beiden Enden A und B aufliegenden Balken AB.

Fig 7



kann auch desto mehr Last tragen, je näher diese Last R einem der Unterstützungspunkte A oder B gerückt wird; hingegen wird in der angezeigten Vorrichtung die Tragbarkeit des Balkens in seiner Mitte C wenn dort eine Last q applizirt wird, am kleinsten seyn. Das Gesetz der Tragbarkeit des Balkens liegt in folgender Proportion.

$$q : R = AE \times EB : AC \times CB. \text{ daraus}$$

$$R = \frac{AC . CB . q}{AE . EB}$$

Kann z. B. der Balken AB in seiner Mitte 50 Zentner = 5000 tt. tragen und ist seine Länge AB = 20 Fuss, so wird derselbe in der Entfernung AE = 5 Fuss eine Last R tragen können die um vieles grösser ist. Denn macht man die Berechnung wirklich, so ist vorerst, weil hier die Last q = 5000 tt als in der Mitte des Balkens aufliegend angenommen worden ist, wegen AB = 20 Fuss

$AC = CB = 10$ Fuss
ferner $q = 5000$ tt.
$AE = 5$ Fuss
$EB = AB - AE = 20 - 5 = 15$ Fuss

somit wenn man in der Formel $R = \frac{AC.CB.q}{AE.EB}$ anstatt der Buchstaben ihre Werthe substituirt. $R = \frac{10.10.5000}{5.15}$. Das ist $R = 6666\frac{2}{3}$ tt,

Es könnte also dieser Balken in E in einer Entfernung von 5 Fuss vom Unterstützungspunkte eine Last von $6666\frac{2}{3}$ tt tragen während er in seiner Mitte C von 5000 tt gebrochen würde.

Da der Satz; daß sich bei übrigens gleichen Umständen die Tragbarkeit der Balken sich wie die Quadrate ihrer Höhe verhalten, allgemein ist; so folgt auch daß von zweien Cylindern die gleiche Massen haben, von denen aber der eine ausgehöhlt, der andere es nicht ist, der ausgehöhlte Cylinder, dessen Masse im Umfange vertheilt ist, mehr tragen können, als der nicht ausgehöhlte. Der größern Stärke willen sind auch die Knochen der Thiere, die Getreid-halmen, die Federn der Vögel u. d. gl. die stark genug seyn müssten ohne schwer zu seyn von dem weisen Schöpfer nicht durchaus dicht ausgefüllt, sondern zum Theil hohl gebildet worden.

Unter Perpendikulärer Festigkeit der Säulen und Stützen welche senk-recht aufgerichtet tragen müssen, versteht man den Wider-stand welchen sie senkrecht stehend leisten, daß sie nicht von einer oben aufliegenden Last zusammengedrückt, gebogen und gebrochen werden. Bei einer übermäßigen Last näm-lich weichen die Theile des gedrückten Körpers einige einwärts andere auswärts, weil jeder Körper dergestalt aus Theilen zusammengesetzt ist daß noch viele Zwischenräume unausgefüllt bleiben; und dem zufolge diejenigen Theile welche nicht in ebenen Richtung sondern schief auf die untern drücken, entweder einwärts in die Zwischenräume, oder auswärts wohin weniger Widerstand ist getrieben werden.

je unregelmäßiger also die Figur der Theilchen eines Körpers ist, und je unordentlicher dieselben zusammengehäuft sind, desto weniger Widerstand wird ein solcher Körper einem andern auf ihn druckenden leisten können; daher auch die Säulen, Pfeiler oder Stützen von Tannenholz stärker und tauglicher sind, als jene von Eichen. Ein aufrecht stehender Fichtenbalken von 9 Fuß Höhe, 6" breiten und 8" hohen Kante bog sich erst in seiner Mitte unter einer Belastung von 32660 Pfund um eine $\frac{1}{54}$ seiner Länge aus; Dabei wissen wir aus Erfahrung daß von zwey hölzernen Cylindrischen Walzen A und B wovon die eine B noch einmal so dick als A ist, 16mal so viel Last trägt als die Walze A bis sie abknickt, so daß also bei Walzen von gleicher Länge ihre perpendiculären Festigkeiten sich wie die Biquadrate ihrer Durchmesser verhalten; ferner daß von zwei Säulen von gleicher Dicke die noch einmal so lange mit $\frac{1}{4}$ Gewicht dessen, abknickte, mit welchem die andere abgeknickt wurde; so daß also die perpendiculären Festigkeiten zweyer Säulen von gleicher Holzart und gleichem Wachsthum sich verhalten wie die Biquadrate ihrer Dicken, dividirt durch die Quadrate ihrer Längen.

Aufgabe. Wie groß wird die perpendiculäre Festigkeit seyn

eines Fichtenbalkens, der 144" in der Länge, 10" Stärke und 12" Hohe Kante hat.

Bedeuten nun p und P die perpendikulären Festigkeiten zweyer Balken von einerley Holzart und Wachsthum, b und B ihre Stärken, h und H ihre hohen Kanten und noch l und L ihre Längen, so findet man nach obiger Voraussetzung allgemein die perpendikuläre Festigkeit eines Balkens

$$P = \frac{p B H^3 l^2}{b h^3 L^2}.$$

Nun ist für diese Aufgabe aus einem Seite 52 angeführten Fakten $l = 9$ Fuß $= 108''$; $b = 6''$, $h = 8''$ und $p = 32660$ ℔.

Aus der Aufgabe hat man $L = 144''$; $B = 10''$, $H = 12''$ und gesucht wird P. Daher wenn man in die aufgestellte Formel anstatt der Buchstaben ihre Werthe in Zahlen substituirt so erhält man die perpendikuläre Festigkeit.

$$P = \frac{32660 \cdot 10 \cdot (12)^3 \cdot (108)^2}{6 \cdot 8^3 \cdot (144)^2} = \frac{32660 \cdot 10 \cdot 12 \cdot 12 \cdot 12 \cdot 108 \cdot 108}{6 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 144 \cdot 144}$$ das gibt

$$P = \frac{317455200}{3072} = 103338 \text{ ℔}.$$

das heißt unter diesen Umständen würde sich auch dieser letzte Balken bei einer Belastung von 103338 ℔ um $\frac{1}{54}$ seiner Länge ausbiegen.

In Betreff des Zusammenhanges der tropfbar flüssigen Körper endlich wissen wir aus Erfahrung daß sich dieselben bei einem gewissen Kältegrad in feste Körper verwandeln und dann ebenfalls stärker zusammenhangen. Obwohl übrigens die flüssigen Körper unter sich insgemein wenig zusammenhängen

so ist doch der Zusammenhang bei einem stärker als bei andern, so hangen z. B. die Oeltheilchen mehr unter sich zusammen als die Wassertheilchen. Den bedeutendsten Einfluß auf den Zusammenhang der Theilchen der Flüssigen hat die Wärme, so ist z. B. warmes Wasser flüssiger als kaltes. Die Flüssigkeit eines Körpers kann auch durch Beimischung eines andern flüssigen Körpers noch flüssiger gemacht werden, wie Bier oder Milch durch beigemischtes Wasser.

Ruhe und Bewegung

Stellen wir uns einen unbegränzten unmateriellen, unbeweglichen Raum vor, dessen Theile frey von der Materie durchdrungen werden können. – ob in der Natur ein solcher Raum wirklich vorhanden sey oder nicht, daran liegt uns wenig, für uns stelle er nur die abstrakte Ausdehnung dar. In diesem Raume wollen wir die kleinsten Theilchen der Materie ansehen, und an ihnen nur die Existenz betrachten. Nun kann es seyn, daß das absolute Theilchen unveränderlich an dem Orte in welchem es sich wirklich befindet beharre, oder daß durch den Einfluß äußerer Ursachen es denselben verläßt, um in einen andern Theil des Raumes überzugehen, der erste dieser Zustände macht die absolute Ruhe, der 2te die absolute Bewegung aus. – Man kann sich aber auch denken daß zwei oder mehrere Theilchen zu gleicher Zeit durch eine gemeinschaftliche Bewegung aus ihrer Stelle gerückt werden,

und eines in Rücksicht des andern seine beibehaltene Lage bezeugte. – Betrachtet man diese in Beziehung auf den unbeweglichen Raum, so befinden sie sich wirklich in absoluter Bewegung; nimmt man jedoch auf ihre wechselseitigen Beziehungen Rücksicht so bleiben diese dieselben als wenn die ganze Schaluppe in Ruhe geblieben wäre, und diese Fortdauer der Beziehungen selbst bei einer gemeinschaftlichen Bewegung wird relative Ruhe genannt; in dieser befinden sich alle irdischen Gegenstände welche unveränderlich an derselben Stelle des Bodens haften.

Da die Erde welche sich täglich um ihre Axe drehet allen irdischen Gegenständen eine gemeinschaftliche Bewegung mittheilet, und sie in derselben Zeit alle zusammen in ihrer Bahn um die Sonne mit sich fortführet, welche vielleicht ihrerseits die Erde und das ganze Gefolge von Planeten gegen ein entferntes Sternbild hinbewegt, so können wir auf unserer Erde nichts in absoluter Ruhe denken, sondern die relative Ruhe ist die einzige welche im Sonnensysteme statt findet, sie ist wenigstens die einzige welche wir mit Sicherheit an demselben beobachten können. Relativ heißt die Bewegung eines Körpers, wenn derselbe in einem bestimmten Raume in Beziehung auf andere Körper welche in demselben enthalten sind seinen Ort verändert. Eine auf dem Boden des festen Landes unserer Erde irgendwo liegende Kugel ist in Beziehung auf die

Gegenstände unserer Erde in relativer Ruhe, und kommt erst dann wenn sie fortgerollt wird in relative Bewegung. Wenn Jemand in einem Schiffe welches sich gleichförmig nach Osten fortbewegt sitzt oder steht, dieser bewegt sich in Bezug auf die Gegenstände am Landes relativ, und in Bezug auf die Theile des Schiffes ruhet er; geht aber dieser im Schiffe mit der nämlichen Geschwindigkeit als das Schiff nach Osten sich bewegt, nach Westen; so ruhet er relativ d.i. in Bezug auf die Gegenstände am Ufer, — und bewegt sich in Bezug auf die Theile des Schiffes. Wird künftig hin von Ruhe und Bewegung gesprochen so wird immer relative Ruhe und relative Bewegung verstanden als die einzigen von denen sich hier einige Anwendung machen läßt.

Jede Bewegung setzt eine wirkende Ursache voraus, und diese Ursache heißt Kraft. die Bewegung selbst kann entweder immer nach einerley Richtung geschehen, d.i. geradlinig seyn, oder ihre Richtung wird in jedem auch dem kleinsten Zeittheilchen verändert, und heißt sodann eine krummlinige Bewegung. so wohl die eine als die andere können die Körper nur in Folge der Einwirkung hinreichender Kräften vor sich gehen, in so ferne dieselbe von keinen andern entgegenwirkenden nicht das Gleichgewicht gehalten wird.

Die Natur bietet uns eine sehr grosse Menge bewegender Kräfte dar, welche dem Anschein nach von verschiedenen Gattungen sind, als da sind: die Kraftäusserungen welche von den Muskeln und Organen der lebenden Thiere ausgeübt werden, deren Äusserung grösstentheils einzig von der Willkühr derselben abhängt, und eine eigenen Klasse aus-machen. – Eine andere Art von Kräften wird von physischen Agenzien ausgeübt, wie die Ausdehnung der Körper durch die Wärme, ihre Verdichtung durch das Erkalten, die Effekte der Trockenheit und Feuchtigkeit etc. Andere scheinen gewissen Körpern inzuwohnen, wie die Anziehung des Magneten zum Eisen, so wie jene welche unter den elektrischen Körpern statt findet, noch bei andern läßt sich nicht entscheiden ob sie der Materie fremdartig sind, oder ihr angehören, oder mit ihrem Wesen verknüpft sind; dergleichen die Schwerkraft welche das Sinken der Körper verursacht, jene welche die chemischen Wahlverwandschaften bewirken, deren Natur und inneres Wesen uns noch gänzlich unbekannt ist. Ferner gehören zu den bewegenden Kräften das Vermögen des fließenden Wassers und der bewegten Atmosphäre, die zusammengepreßte Luft, des entzündeten Schießpulvers, die Elastizität der Dämpfe u andere mehr.

Wirken auf einen Körper eine oder mehrere Kräfte nach
einerley oder parallelen Richtungen ein, so wird, wenn
den einwirkenden Kräften nicht von anderen entgegen-
gesetzten das Gleichgewicht gehalten wird, der Körper
sich nach eben jener Richtung bewegen, und zwar mit
einer Kraft welche der Summe der auf denselben
einwirkenden Kräfte verhältnißmäßig ist.
Machen die Richtungen der Kräfte welche auf einen materiellen
Punkt einwirken, unter sich einen Winkel; so kann der materi-
elle Punkt weder ganz der einen, noch der anderen Kraft folgen,
sondern er wird eine mittlere Richtung annehmen.
Wirken auf diesen materiellen Punkt gleiche Kräfte in ent-
gegengesetzten Richtungen ein so wird derselbe in Ruhe ver-
bleiben. — Ja überall wo die Materie sich in Ruhe befindet.
da die Schwerkraft derselben inwohnet, welche ihren
Gegensatz fordert ist man gezwungen zu sagen, sie sey
nur deswegen in Ruhe, weil sich die Thätigkeiten der auf
sie entgegengesetzt einwirkenden Kräfte einander
gleich sind; denn so stark eine auf einem Tische ruhende
Kugel gegen denselben drückt, eben so stark drückt auch
der Tisch gegen die Kugel selbst. Wirkt aber von der Seite
A auf diese Kugel C eine hinreichende neue Kraft ein so wird
sie ihren Ort verändern, also sich bewegen; wirkte von B auf
C nach der entgegengesetzten Richtung BC eine gleich große

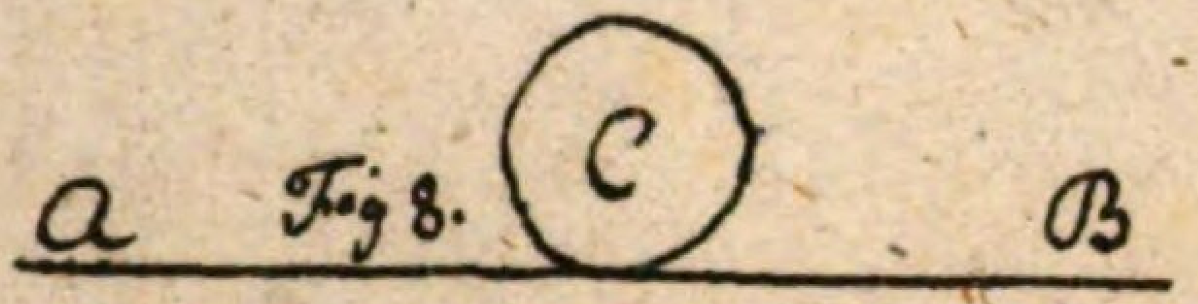


Fig. 8.

Kraft ein, so wird C in Ruhe seyn; sie würde sich mit dem Unterschiede der Kräfte nach A hin bewegen, wenn die Kraft von B aus größer als die von A wäre.

Gleichgewicht der bewegenden Kräfte ist von dem Zustande der Ruhe wohl zu unterscheiden. Gleichgewicht ist nämlich der Zustand zweyer oder mehrerer Kräfte, die nach entgegengesetzten Richtungen so wirken, daß keine Bewegung erfolgt, Ruhe aber ein aus Mangel aller Kräfte gänzlich unthätiger Zustand. Unbewegliche schwere Materie ist also nie im Zustande der Ruhe, sondern nur im Gleichgewichte anzunehmen. – In der Existenz des Körperlichen giebt es eigentlich keine Ruhe sondern nur Gleichgewicht und Bewegung.

Wird ein Körper durch Einwirkung einer oder mehrerer Kräfte in Bewegung gesetzt so wird der Raum den der Körper binnen einer gewissen Zeit durchläuft seine Geschwindigkeit genannt, es mag nun die Richtung nach welcher die Bewegung geschieht gerad- oder krummlinig seyn; gewöhnlich wird aber unter Geschwindigkeit eines Körpers nur der Weg verstanden welchen derselbe in einer Zeit-Sekunde zurücklegt, und ist da die Bewegung eines Punktes aber weil dadurch sein Ort verändert wird, allmählig, mithin in der Zeit geschieht, wie die Zeit selbst eine stetige Größe, die durch Linien ausgedrückt werden kann.

Die Zusammensetzung der Kräfte.

Mehrere Kräfte zusammensetzen, heißt für zwey oder mehrere Kräfte, die auf einen materiellen Punkt nach beliebigen Richtungen wirken, die Größe und Richtung einer Kraft angeben, die ihnen zusammen genommen am nämlichen Punkte gleichgeltend ist. – Man nennt die einzelne Kraft die den übrigen zusammen genommen gleichgeltend ist, die mittlere Kraft; so wie ihre Richtung die mittlere Richtung und die andern Kräfte die Seitenkräfte. –

Der Fall der unmittelbaren Entgegensetzung der Kräfte ist der einzige in welchem zwei völlig gleiche Kräfte sich wechselseitig im Gleichgewicht halten können.

Wirken auf einen Punkt mehrere Kräfte nach einerley Richtung so ist die mittlere Kraft gleich ihrer Summe und hat die nämliche Richtung.

Wirken mehrere Kräfte nach zwey entgegengesetzten Richtungen, so ist die mittlere Kraft gleich ihrer Differenz und hat mit der größeren Kraft einerley Richtung. –

Sind die wirkenden Kräfte weder parallel noch sich gerade entgegengesetzt so kann auch die mittlere Kraft weder der Summe, noch der Differenz der wirkenden Kräfte gleich seyn

Aufgabe. Wirken auf den materiellen Punkt F zwey Kräfte p und q nach den Richtungen Fa und FB, man soll die Größe und Richtung der mittleren Kraft FC durch Zeichnung bestimmen.



Fig 9

Auflösung. Man ziehe zwey Linien Fa. FB unter demselben Winkel, welchen die Richtungen der auf den Punkt F wirkenden Kräfte p und q einschließen, und es sey p = 60 ℔. q = 95 ℔. so nehme man Fa = p = 60, und FB = q = 95 gleiche Theile, ziehe durch B. BC gleichlaufend mit Fa, und durch a. aC # mit FB so werden sich diese beiden Linien in einem Punkte C durchschneiden. Ziehet man endlich noch die Diagonale FC, so wird FC die Größe und Richtung der mittleren Kraft angeben. Mißt man aus demselben Maßstabe FC, so gibt dessen Länge 109 die Kraft an, mit welcher die beiden Kräfte p und q vereint nach der mittlern Richtung FC wirken.

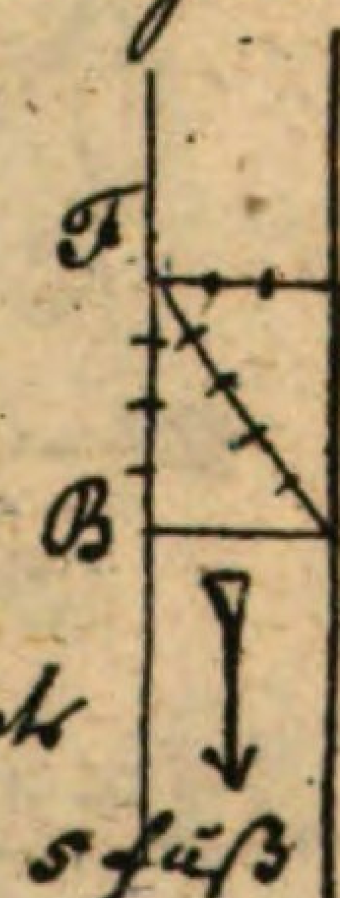


Fig 10.

Fährt ein Schiffer nach der Richtung Fa an das jenseitige Ufer aC mit einer Kraft daß seine Geschwindigkeit 3 Fuß per Sekunde ist, während derselbe durch die Gewalt des Stromes nach der Richtung FB 4 Fuß per Sekunde abwärts getrieben wird, so wird derselbe nach der Richtung FC 5 Fuß per Sekunde machen in so ferne BFa ein rechter Winkel ist.

Jenen welche in der Trigonometrie bewandert sind geben in der Formel $FC = \sqrt{p^2 + q^2 + 2pq \cos. BFa}$ für jeden Fall die allgemeine Auflösung der mittlern Kraft.

Welches auch die Zahl und die Richtung der Kräfte seyn mag die auf einen materiellen Punkt wirken, so wird man sie immer in eine einzige mittlere zusammensetzen können; man fängt nämlich damit an, so wie Fig 9 zwey der gegebenen Kräfte in eine einzige mittlere zusammenzusetzen, für diese und eine der übrigen Kräfte sucht man wieder eine mittlere, und fährt damit so lange fort, bis keine Kräfte welche sich zusammensetzen lassen, mehr übrig sind; dann wird die letztere mittlere, zu welcher man gelangt diejenige seyn, welche aus allen gegebenen Kräften hervorgeht; und bringt man an dem materiellen Punkte mit ihr in entgegengesetzter Richtung eine gleich große Kraft an, so wird diese mit allen gegeben Kräften das Gleichgewicht halten

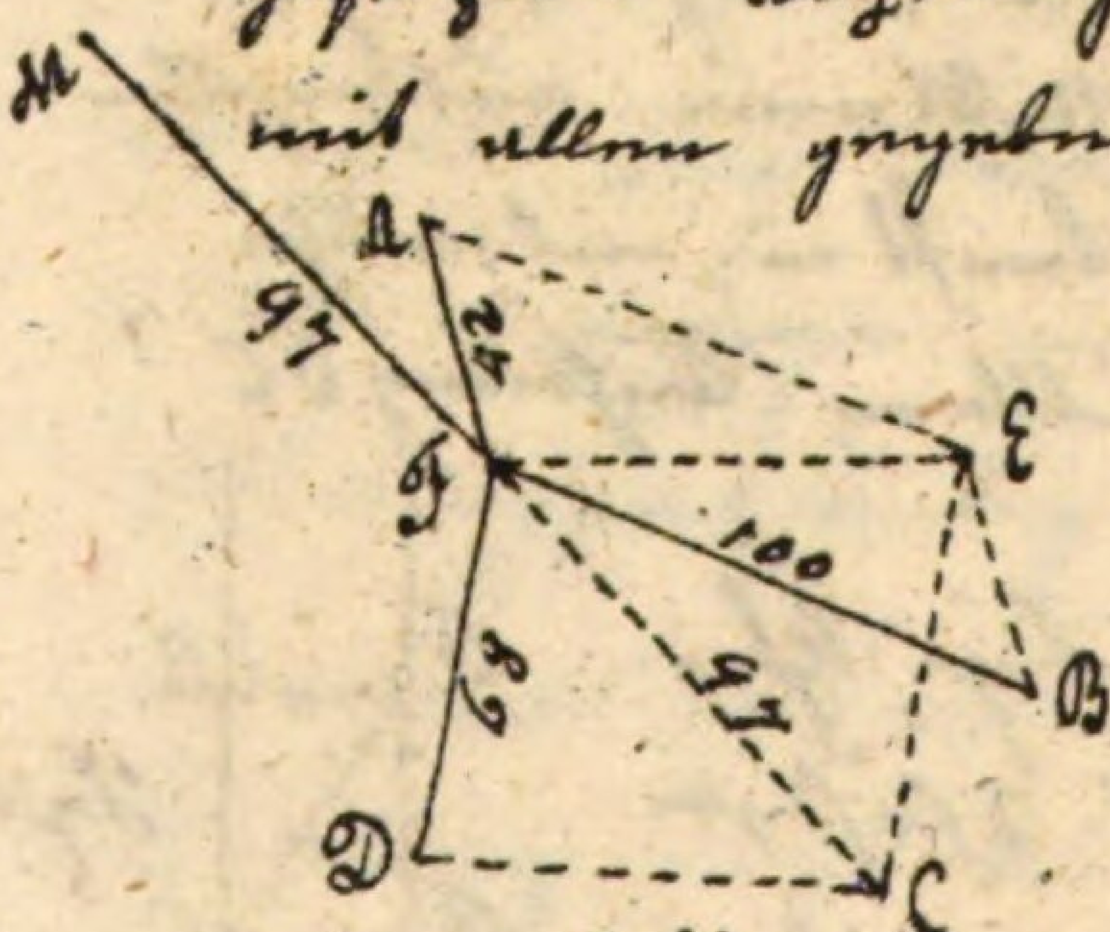


Fig 11

__Aufgabe__ An dem materiellen Punkte F. ziehen die Kräfte nach der Richtung FA mit 42 ℔ nach der Richtung FB mit 100 ℔, nach der Richtung FD mit 68 ℔, welche ist die Richtung und Größe der Kraft FM welche diesen dreyen Kräften das Gleichgewicht hält?

__Auflösung__. Man suche wie in Fig 9 für die beiden Kräfte FA und FB die mittlere Kraft FE, sodann zwischen FE und der dritten FD. auf eben dieselbe Art die mittlere Kraft FC, so wird diese die gesuchte seyn. Man findet sie wenn man sich durchaus einerley Maßstab bedienet hat = 97 ℔, verlängert man nun C F nach FM und wird FM = CF = 97. so ist FM die Richtung nach welcher eine Kraft = 97 ℔ den 3 Kräften 42, 100 und 68 ℔ das Gleichgewicht hält.

Weil die mittlere Kraft immer gleich der Diagonale des Parallelogramms ist, welches aus den gegebenen unter Winkel wirkenden Kräften sind q. z. b. construirt wird; so ist sie auch immer kleiner als die Summe der beiden Seitenkräfte aus denen sie hervorgeht; der Verlust läßt sich anschaulich darstellen. – Wirken die Kräfte MD und ME unter dem Winkel DME so ist ihre mittlere Kraft MC, ziehet man ferner durch M eine gerade GH, durch E und D mit MC die gleichlaufenden EG und DH so wird ME in die zwey Kräfte MG und MK, MD aber in die zwey Kräfte MH und MF zerlegt – Nun beweiset man in der Geometrie dessen unter der Voraussetzung MG = MH sey, diese beiden Kräfte sind sich aber auch einander entgegengesetzt also heben sie sich auf, und dieß ist der Verlust den die beiden Kräfte ME und MD erleiden.

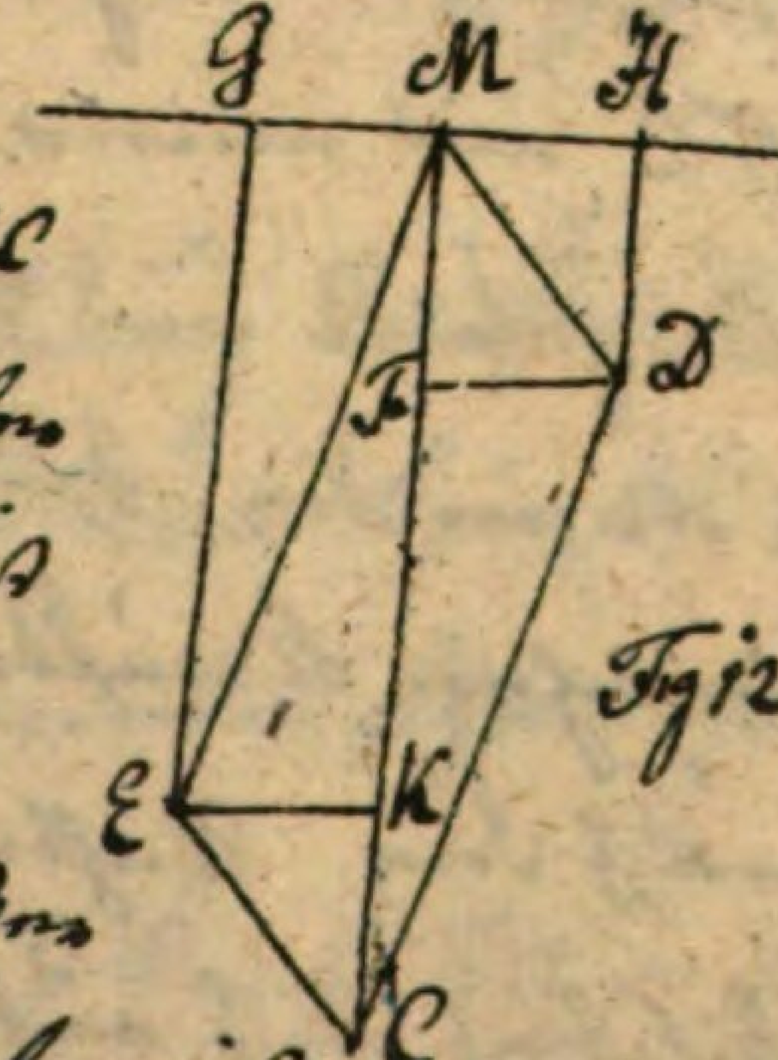


Fig. 12

Nach der Richtung der mittleren Kraft MC verbleiben noch die Kräfte MK und MF, es ist aber MF = KC also verbleiben noch MK + KC das ist = MC. – Je stumpfer der Winkel EMD ist, desto größer werden MG und MH, also desto größer der Verlust, je spitzer der Winkel EMD aber ist, desto kleiner werden MG und MH und desto größer wird die mittlere Kraft MC seyn, so daß wenn EMG = 0 ist auch MG und MH = 0, und

die mittlere Kraft MC gleich der Summe der Kräfte ME + MD werde.

Jede Kraft welche man will kann als eine mittlere Kraft angesehen werden, die aus der Zusammensetzung mehrerer Kräfte hervorgegangen ist; daher läßt sich auch jede Kraft in so viele Seitenkräfte zerlegen als man will.

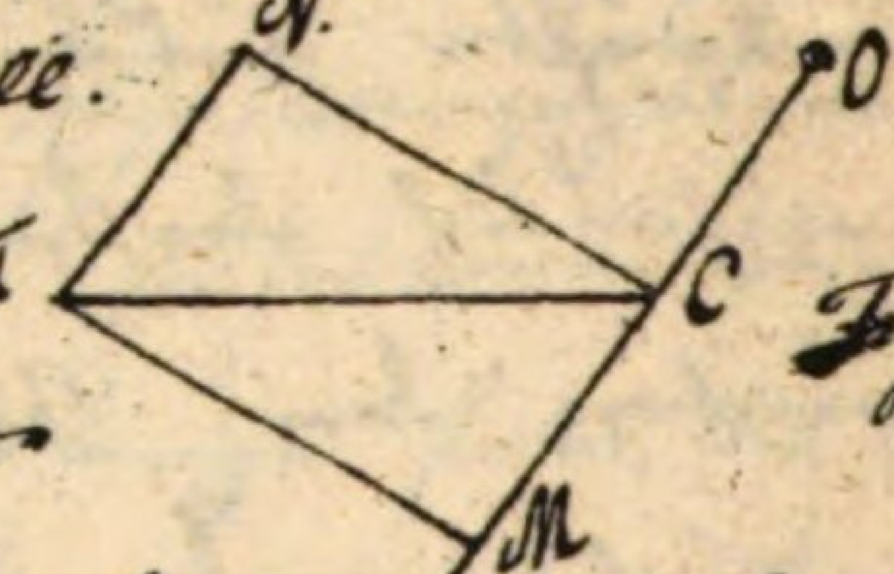


Fig 13

Stößt z. B. der Wind nach der schiefen Richtung FC auf die Fläche MO mit einer Gewalt die gleich FC ist, so ziehe man aus dem Punkte C wo FC die Fläche trifft CN senkrecht auf MO, sodann durch F, FN # mit MO und FM # mit NC so ist FMCN ein Parallelogram und FC ist in die zwei Seitenkräfte FM und FN zerlegt, von denen nur FM die Intensität die Kraft ausdrückt mit welcher der Wind gegen die Fläche wirkt.

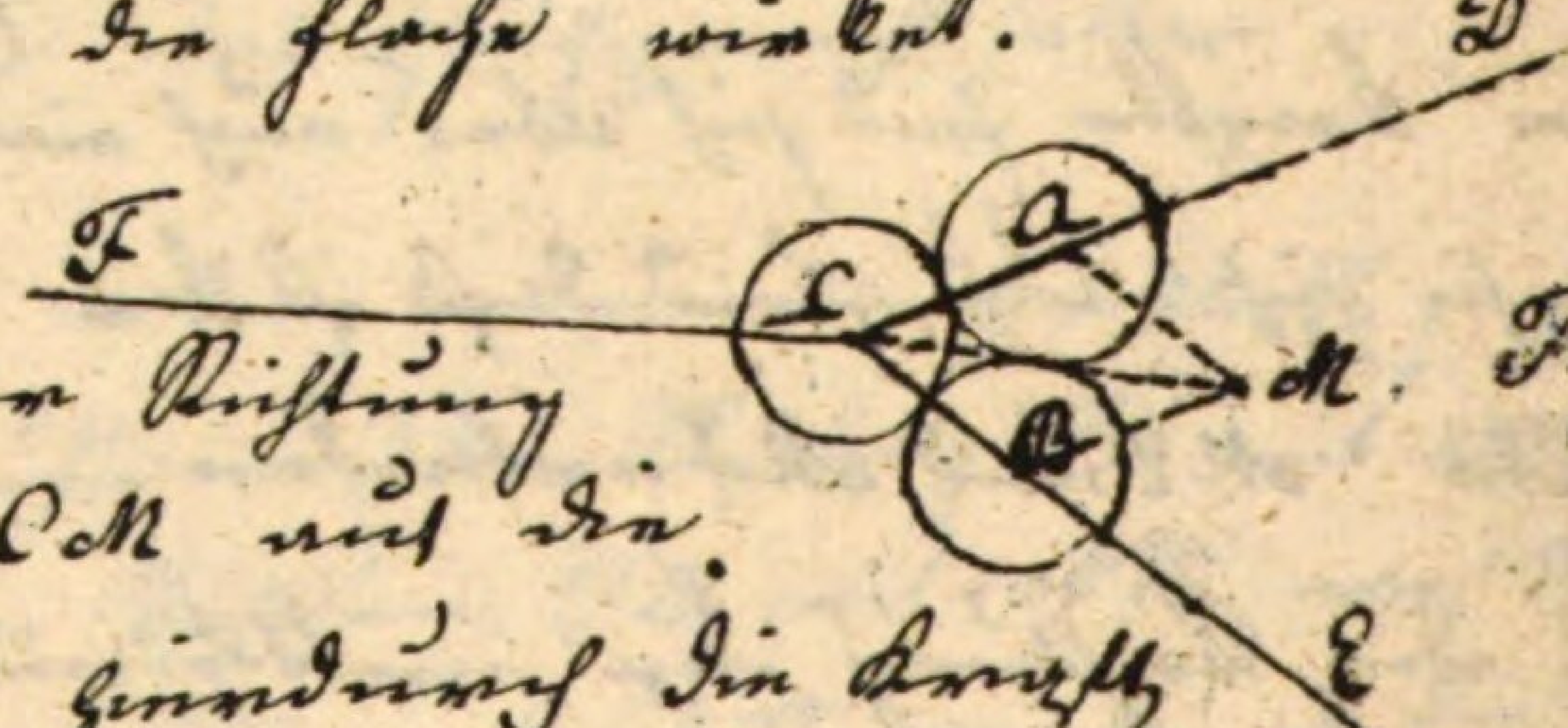
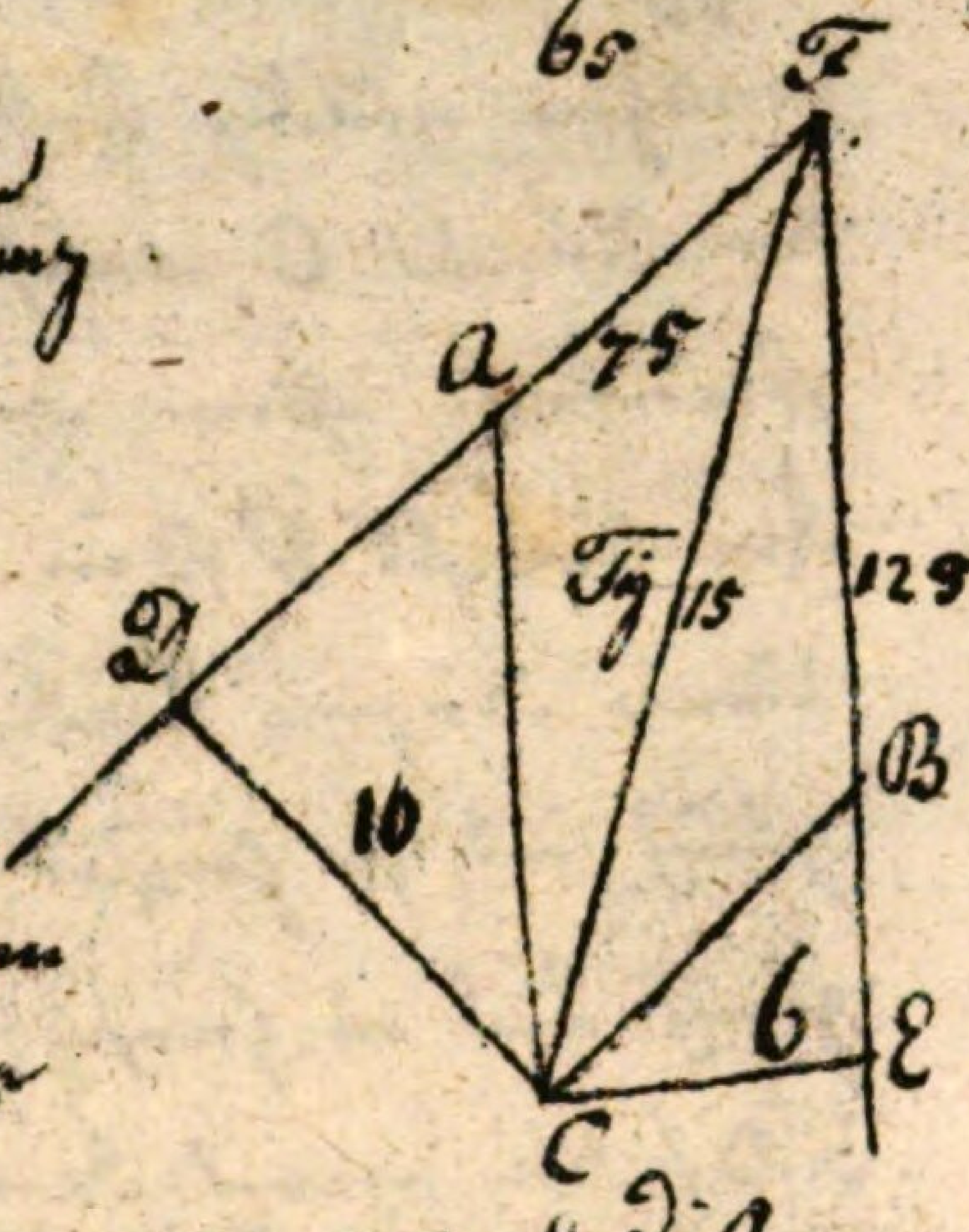


Fig 14.

Stößt die Kugel C nach der Richtung FC mit einer Kraft = CM auf die Kugeln A und B, so wird hierdurch die Kraft CM in die beiden Kräfte CA und CB zerlegt, von welchen Kräften angetrieben die Kugeln A und B nun nach den Richtungen AD und BE fortgehen, wohl begreiflich ist es daß auf ähnliche Art die Kräfte mit denen sich die Kugeln A und B bewegen [illegible] von C in 2 Seitenkräfte zerlegen lassen, welche [illegible] wieder zerlegt werden können u. s. f.



Zieht man aus irgend einem Punkte C der Richtung der Mittelkraft FC, auf die Richtungen der Seitenkräfte die Senkrechten CD, CE, so verhalten sich die Längen dieser Senkrechten verkehrt wie die Kräfte auf deren Richtungen sie gefällt sind. Ist z. B. die Kraft $FA = 75$ und die Kraft $FB = 125$ so wird sich $CE : CD = 75 : 125$ das ist

$$CE : CD = 6 : 10$$

Aus dieser Proportion folgt auch, daß wenn man den Zahlenausdruck jeder Kraft mit der Länge der ihr entsprechenden senkrechten Linie multiplizirt, die daraus entstehenden Produkte einander gleich seyn werden. Es ist nämlich allgemein $FA . CD = FB . CE$ und für den in der Figur angezeigten Fall in Zahlen $75 . 10 = 125 . 6$.

Die Richtigkeit dieses Satzes folgt aus der Zeichnung des Parallelogramms durch welche die Richtung der mittleren Kraft bestimmt wird, und läßt sich auch leicht aus geometrischen Gründen beweisen.

Im allgemeinen nennt man das Produkt aus einer Kraft FA in die Länge der senkrechten Linie CD, die aus irgend einem Punkt der Richtung der mittleren Kraft auf ihre Richtung gezogen wird, das statische Moment der Kraft in Beziehung auf diesen Punkt; dieses Produkt $FA . CD$ gibt auch die Wirksamkeit der Kraft an, mit welcher dieselbe einen steifen Draht CD

welcher mit der Richtung derselben einen rechten Winkel macht, um den Punkt C, welcher als fest stehend gedacht wird zu drehen strebt. Eben diese Bewandtniß hat es mit dem Produkt der Kraft FB in die Entfernung CE.

Wenn diese beiden Produkte $FA \cdot CD$ und $FB \cdot CE$ einander gleich sind, so heißt es die statischen Momente sind sich einander gleich. und es herrscht zwischen den beiden Kräften FA und FB, d. i. die nach den Richtungen FD und FE einen steifen Drath DCE um den Punkt C zu drehen streben: (Gleichgewicht; so daß für diesen Fall die Stange DCE in Ruhe verbleibt.

Schwerkraft und Gewicht.

Bekanntlich sind alle Körper auf unserer Erde schwer d. h. sie fallen sogleich, wenn sie sich selbst überlassen sind gegen die Oberfläche der Erde, und selbst dann wenn sie durch eine feste Unterlage zurückgehalten werden, wird ihr Bestreben zu fallen durch den Druck, welchen sie gegen die Unterlage ausüben und den man ihr Gewicht nennt bemerkbar. –

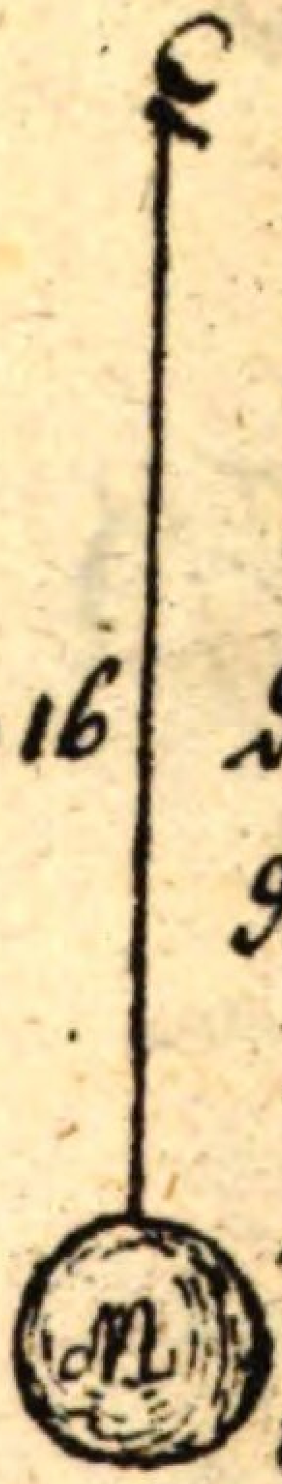
Gewicht und Schwerkraft unterscheiden sich aber von einander dadurch, daß die Schwerkraft nichts anders als die beschleunigende Kraft ist, welche ununterbrochen auf den Körper wirkt, Gewicht aber die Größe des Druckes oder die bewegende Kraft der schweren Materie bedeutet.

die Schwerkraft durchdringt die Massen der Körper, und und solizitirt ihre kleinsten Theilchen nach dem Mittelpunkt der Erde zu. Jedes Körpertheilchen, so klein es auch sey wenn es losgerissen und ganz sich selbst im leeren Raum überlassen ist, wird wie der ganze Körper fallen, und das Bestreben welches es in dieser Hinsicht äussert ist dem genau gleich, welches es zeigte ehe es losgerissen wurde.

Die Richtung nach welcher die Schwere wirkt ist an jedem Orte der Erde auf die Oberfläche des ruhigen Wassers senkrecht, und da diese Oberfläche durchgehends der Krümmung des Erdballes folgt, so gehet hieraus hervor daß alle Richtungen der Schwere insgesamt von einem Orte zum andern in dem Mittelpunkt der Erde zusammentreffen müssen. Die theilweisen Kraftäusserungen der Schwere auf verschiedene Punkte desselben Körpers werden sich demnach zu einer einzigen mittlern Kraft zusammenziehen lassen, welche sein Gewicht ausdrücket, und dessen Richtung stets durch einen gewissen unveränderlichen Punkt der Masse hindurch gehet — dieser Punkt oder Mittelpunkt der Kräfte erhält alsdann den Nahmen des Schwerpunktes.

Befestiget man den Schwerpunkt eines Körpers [illegible]

unterstützen Axe, so kann man den Körper wie man will um sich drehen und derselbe wird in allen Lagen, in welche man ihn bringt im Gleichgewicht bleiben; aber nicht immer läßt sich der Befestigungspunkt in dem Schwerpunkte des Körpers selbst anbringen. Liegt nun der befestigte Punkt außer dem Schwerpunkte, so muß wenn Gleichgewicht bestehen soll die Vertikallinie welche durch einen der beiden Punkte geht, auch durch den andern gehen – wie wenn z. B. C der Aufhängungspunkt, und M der Schwerpunkt ~~eines~~ festen Körpers ist, so wird wenn M in Ruhe sich befin-



§16 det, der Faden CM lothrecht stehe, und seine Verlängerung durch den Schwerpunkt des Körpers gehen – denn nur in dieser einzigen Lage wird die Mittelkraft, welche das Gewicht des Körpers ausdrückt, sich durch den Faden bis zu dem Aufhängungspunkte fortpflanzen können, und durch diesen Widerstand aufgehoben werden.

Liegt der Schwerpunkt höher als der Unterstützungspunkt so heißt es der Körper werde getragen oder unterstützt, auch hier muß wenn der Körper nicht fallen soll die Vertikallinie, welche durch den Schwerpunkt geht und welche die Direktionslinie der Schwere heißt, durch den Unterstützungspunkt gehen, oder innerhalb der Grundfläche worauf der Körper ruhet. Hieraus erklärt sich warum die Körper einen Menschen sich nicht mehr in auf-

rechten Stellung erhalten können wenn die Directionslinie außer den Raum fällt welcher zwischen den äußersten Umkreis seiner beiden Füße enthalten ist; warum man seinen Körper beim Gehen bergabwärts rücklings, und bergauf-vorwärts zu halten gezwungen ist; warum ein Mensch der sich rücklings mit d. Füßen fest an eine Mauer lehnt von dem Boden nichts aufheben könne ohne einen Fuß vorwärts zu setzen, warum man auf einem Stuhle sitzend den Kopf neigen müsse wenn man aufstehen will. — Denkt man sich den Menschen mit herabhängenden Armen und gerichteten: den Schenkeln, so liegt der Schwerpunkt [illegible] zwischen den beiden Hüften, und seine Stellung ist gesichert, weil unsicherer ist dieselbe, wenn die Schenkel nicht nebeneinander, sondern einer hinter dem andern mit den Füßen in einerley Linie gestellet werden, so daß die Spitze des hintern Fußes der Ferse des vordern zugekehret ist. Will man sich im Gegentheil recht fest stellen so entfernet man die Füße parallel voneinander um den Raum zu vergrößern den sie umfassen. Hingegen ist ein Körper um so leichter umzuwerfen, je höher sein Schwerpunkt über der Grundfläche ist, über welcher der Körper ruhet. Ist man im Begriffe zu fallen, so strebt man durch alle Bewegungen die man macht deshalb um die Directionslinie in den Raum in welchem das Gleichgewicht statt findet zurückzuführen und die gefährliche Kunst der Seiltänzer läßt sich auf eben diese Theorie zurückführen.

Von den einfachen Maschinen und zwar erstens Von dem Hebel.

Man nennt einen Hebel eine unbiegsame gerade oder krumme Stange ACB, die sich um einen festen Punkt C drehen kann. dieser Punkt C heißt der Drehungs= Unterstützungs= oder Ruhe=Punkt, und das was den Punkt C in einerley Lage fest erhält die Unterlage. die beiden Punkte A und B heißen die Aufhängungspunkte u. CA und CB die Hebelarme.

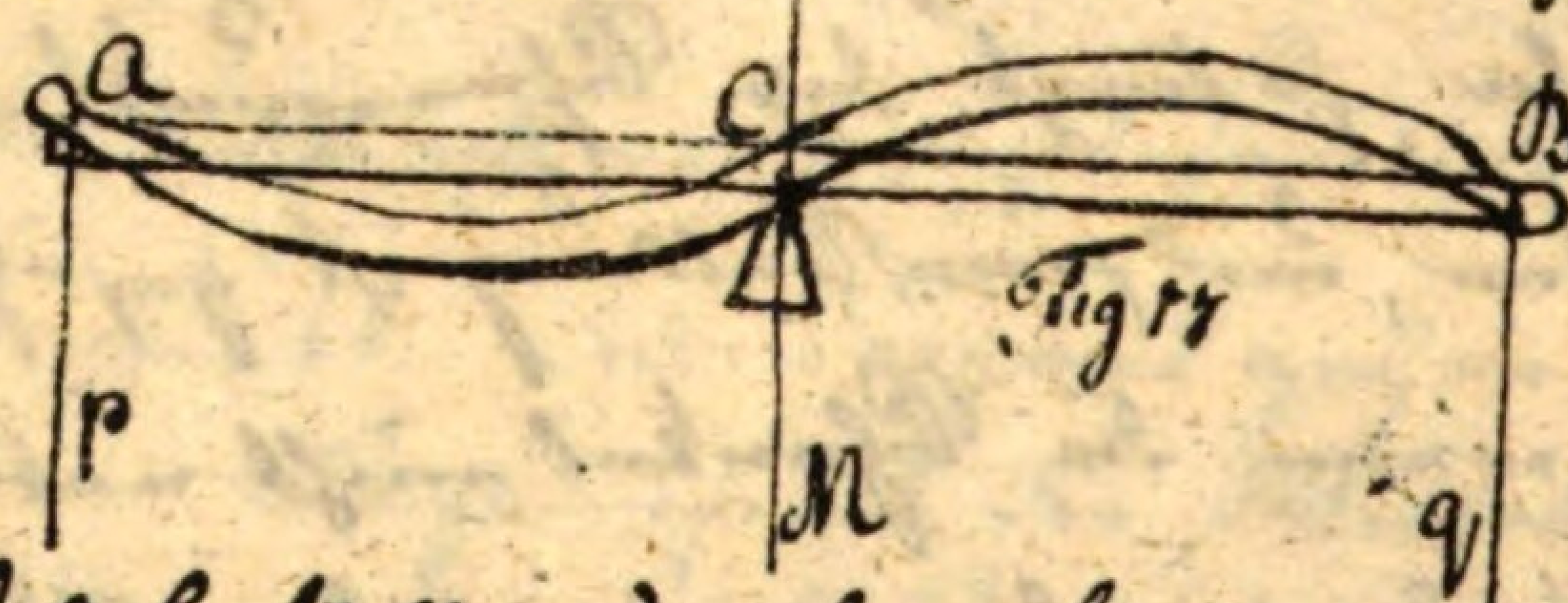
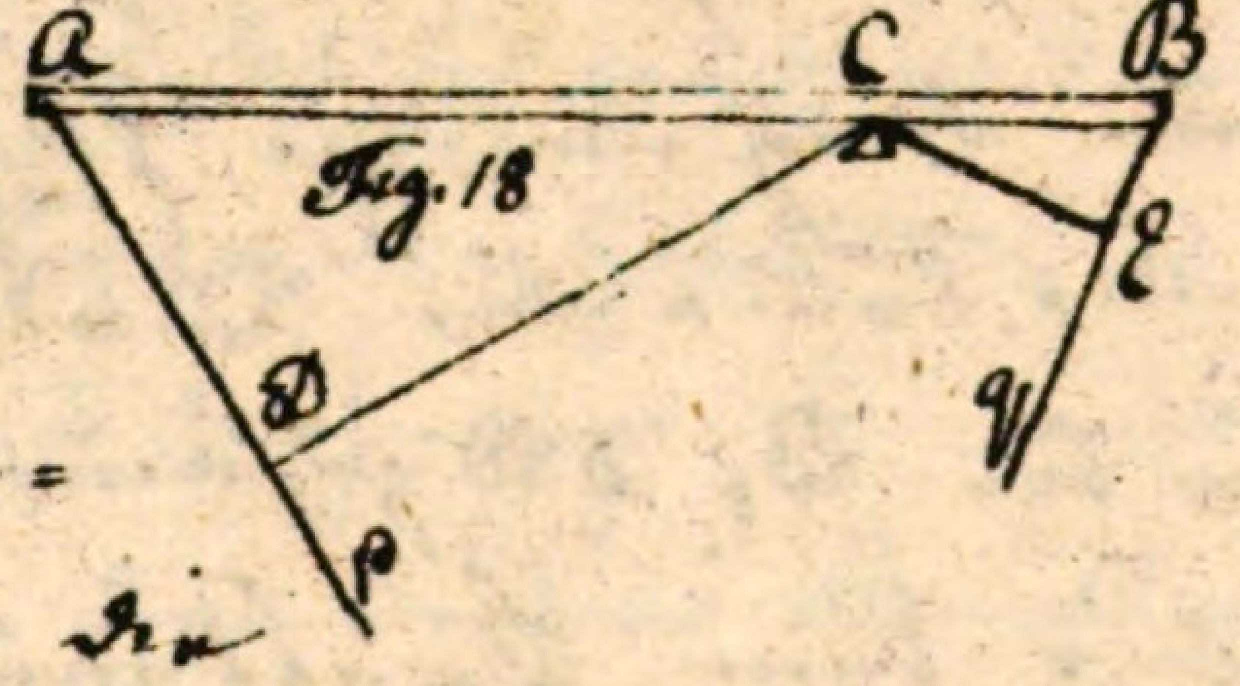


Fig 11

Um die Theorie des Hebels zu entwickeln hat man sich vor= erst die Stangen ACB als nicht schwer vorzustellen. Man begreift nun leicht daß zwey Kräfte P und Q welche an den entgegengesetzten Enden des Hebels A und B angebracht sind, vermöge der Starrheit; oder Unbiegsamkeit des Hebels auf einander wirken, und sich wechselseitig entgegen streben können, indem sie ihn gegen die Unterlage drücken und zwar nach der mittlern Richtung CM mit einer Kraft die hier, wenn P und Q # wirken gleich der Summe der beiden Kräfte P+Q ist; die beiden Kräfte P und Q, und so Kräfte aller Art können durch Gewichte vorgestellet werden.

Ist der Hebel gerade, und die Richtungen der Kräfte auf denselben senkrecht, so sind auch die Längen der Hebelarme CA, CB die Entfernungen der Kräfte p und q, widrigen Falls wenn an den Hebelarmen CA und CB die Kräfte p und q unter schiefen Winkeln ziehen, sind die auf ihre Richtungen Ap und Bq senkrecht gezogenen Linien CD und CE als die Entfernungen der Kräfte p und q anzusehen.



Bei dem Hebel, und allgemein bei jeder Maschine hat man zur Absicht eine Kraft über welche man verfügen kann, und die man schlechthin die Kraft nennt, so anzuwenden, um dadurch eine andere Kraft die man nicht in seiner Gewalt hat, und welche der Widerstand oder die Last genannt wird im Gleichgewichte zu halten, oder sie zu überwinden. Diese beiden Kräfte läßt man vermittelst der Zwischenkörper, aus welchen die Maschine besteht aufeinander wirken, und die Berechnung welche man anzuwenden hat besteht darin, das Verhältniß zu bestimmen, welches zwischen der Kraft und der Last anzubringen sey, damit sie sich wechselseitig im Gleichgewichte halten. Der Vortheil besteht darin, daß man eine kleinere Kraft mit einer größeren Last ins Gleichgewicht setzen kann, indem man nur die senkrechte Entfernung auf die Richtung der Kraft länger nehmen darf, als jene auf die Richtung der Last. So kann man z. B. 1 ℔ mit 3 ℔ ins Gleichgewicht stellen

wenn man 1 ℔ dreymal weiter vom Unterstützungspunkte entfernt, als es 3 ℔ sind.

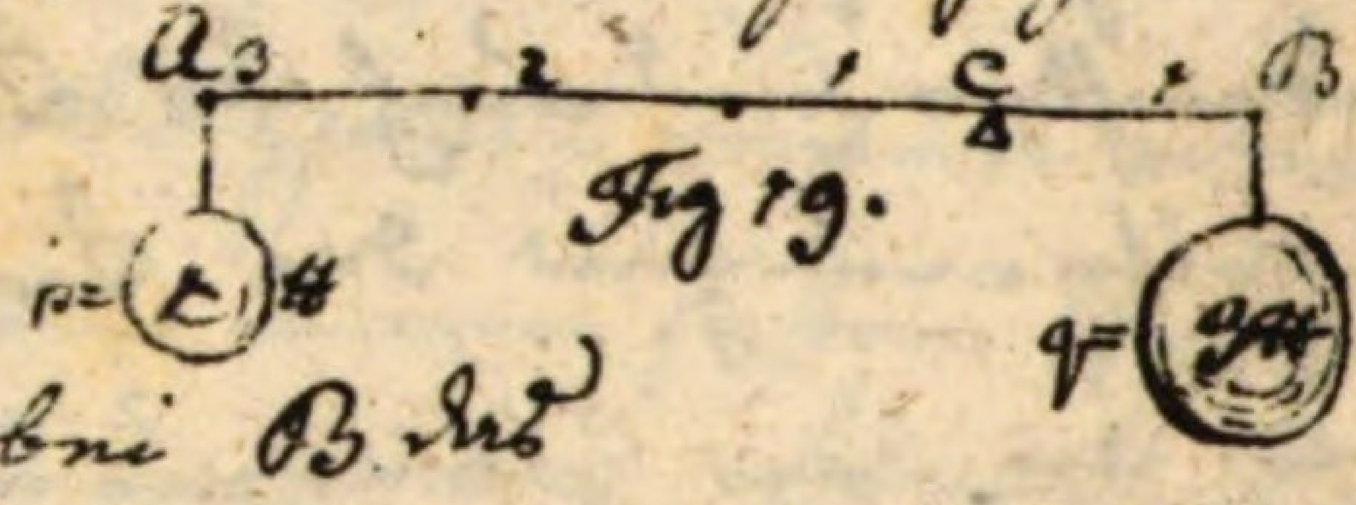


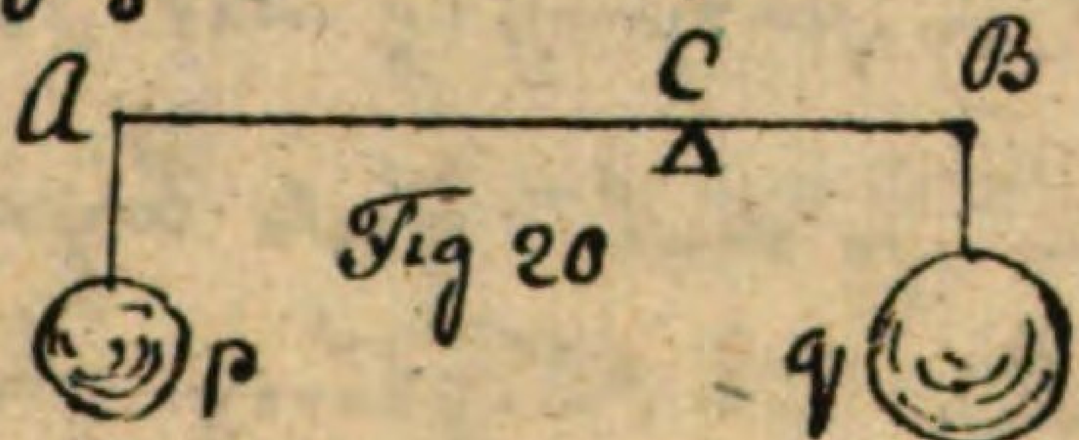
Fig. 19.

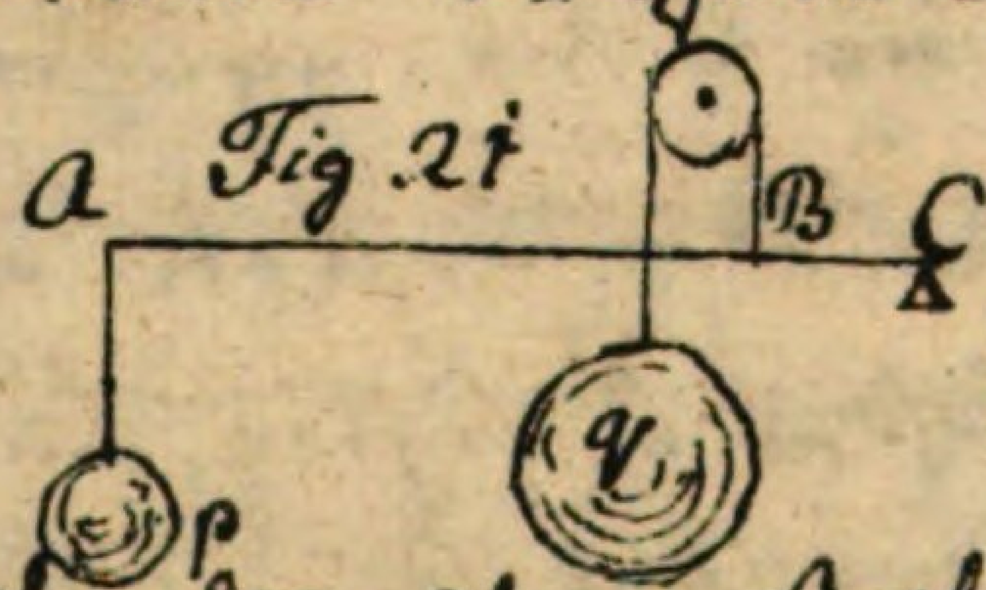
Es wird nämlich wenn AC dreymal größer als CB ist, 1 ℔ bei A, 3 ℔ bei B das Gleichgewicht halten; allein das Gewicht bei B irgend so hoch erhoben werden als es will, so muß A dagegen einen dreymal so großen Weg niederwärts zurücklegen. Man muß also in A eben so viel Kraft anwenden als wenn man drey einzelne Pfunde jedes um 1 Fuß erhebt; weil in der Summe der Wirkung eben so viel ist, als wenn man, wie bei B, 3 ℔ zusammen um 1 Fuß erhebt. Es findet daher kein Kraftgewinn, sondern nur Verminderung gleichzeitiger Anstrengung statt, denn durch die Wirkung der 1 ℔ ständigen Kraft werden 3 ℔ in Bewegung gesetzt, welches ohne Maschine nicht möglich wäre. —

Ein Mensch der mit der äußersten Kraft-Anstrengung nicht mehr als 150 ℔ aufheben könnte wird dadurch in den Stand gesetzt 3.150 = 450 ℔ in die Höhe zu heben, allein er muß seine Kraft auch 3mal so lange anwenden. Wird die Entfernung der Last vom Drehungspunkte = 1 Theil, die Entfernung der Kraft aber vier solcher Theile, so könnte dieser Mensch 600 ℔ in die Höhe heben, u. s. w. immer um so vielmal mehr als die Last, so vielmal als die Entfernung der Last in der Entfernung der Kraft enthalten ist.

Es sey z. B. die Kraft = 25 ℔, und die Last in der Entfernung 1 gleich 400 ℔ so wird die Entfernung der Kraft vom Unterstützungs punkte = $\frac{400}{25}$ = 16 mal so groß seyn müssen als die Entfernung der Last – oder 25 ℔ in der Entfernung von 16 Fuß halten mit 400 ℔, in der Entfernung von 1 Fuß das Gleichgewicht welches also ist, denn 25 . 16 = 400 . 1.

Man theilet die Hebel in Hebel der ersten Art, und in Hebel der 2ten Art: – Ein Hebel der ersten Art ist derjenige bey welchem der Unterstützungspunkt sich zwischen den beiden Kräften befindet, wie z. B. Fig 20, der Hebel ACB. Ein Hebel der 2ten Art hingegen ist derjenige, bei welchem der Unterstützungspunkt außer den beiden Kräften liegt. wie Fig. 21.





Sowohl am Hebel der ersten, als am Hebel der 2ten Art hat man für den Stand des Gleichgewichts immer die Proportion: Es verhält sich die Kraft zur Last, wie die Entfernung der Last zur Entfernung der Kraft; oder nach Fig. 20 und 21 mit Buchstaben ausgedrückt $p : q = BC : AC$. daraus

$p . AC = q . BC$. das heißt.

das Produkt der Kraft in ihre Entfernung vom Unterstützungspunkte ist gleich dem Produkte der Last in ihre Entfernung von eben demselben Unterstützungspunkte C. Auch an diesen beiden Hebeln sind sich für den Stand des Gleichgewichtes die

statischen Momente einander gleich.

Aufgabe. Sind an den Endpunkten eines Hebels ACB, (abstrahirt von der Schwere der Materie aus welcher der Hebel besteht.) zwey Gewichte p und q, von denen p = 4 ℔ und q = 10 ℔ ist, ins Gleichgewicht zu stellen, und hierfür den Ort der Unterlage C zu suchen; so addire man die beiden Gewichte 4 + 10 = 14 ℔, theile den Hebel AB in 14 gleiche Theile, und zwar bey jeder andern Aufgabe immer in so viele gleiche Theile, als die Summe der beiden Gewichte in gleichartigen Gewichtstheilen ausmacht. Hänge 4 ℔ in A, und 10 ℔ in B, so wird, wenn man AC = 10 Theile nimmt, (so man bis ebenso viele als in B Pfunde sind.) in C der gesuchte Unterstützungspunkt seyn; und dieser wird von B einwärts auf so viele Theile liegen als in A Pfunde hangen. Dieser ist richtig, und die Bedingung des Gleichgewichtes erfüllet sich, zeigt sich aus der Formel (Fig. 22.) ist.

$p \cdot AC = q \cdot BC$ d.i.

$4 \cdot 10 = 10 \cdot 4 = 40.$

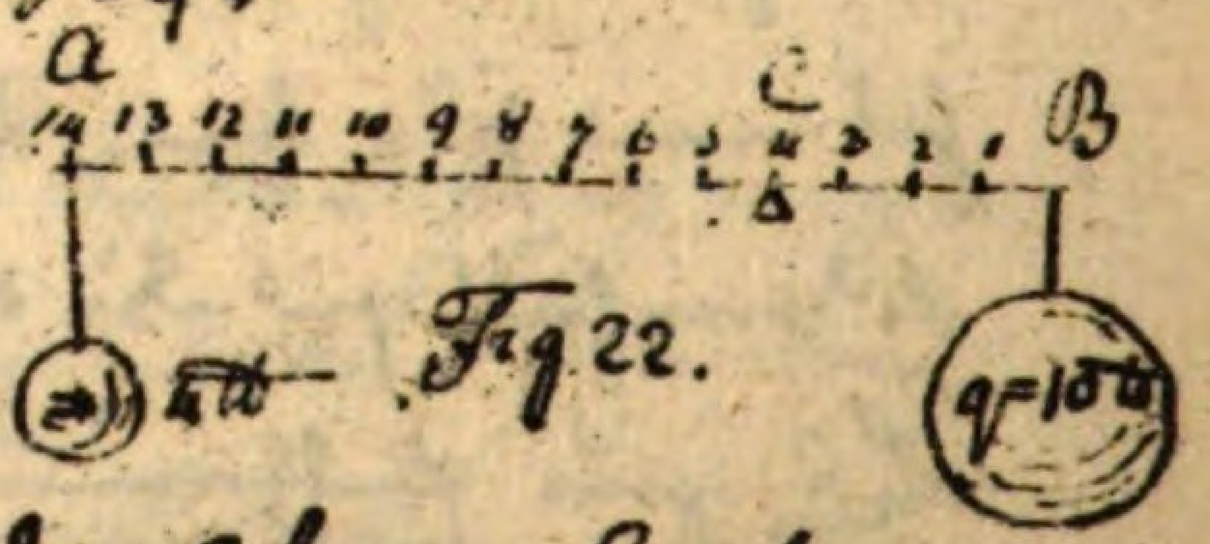
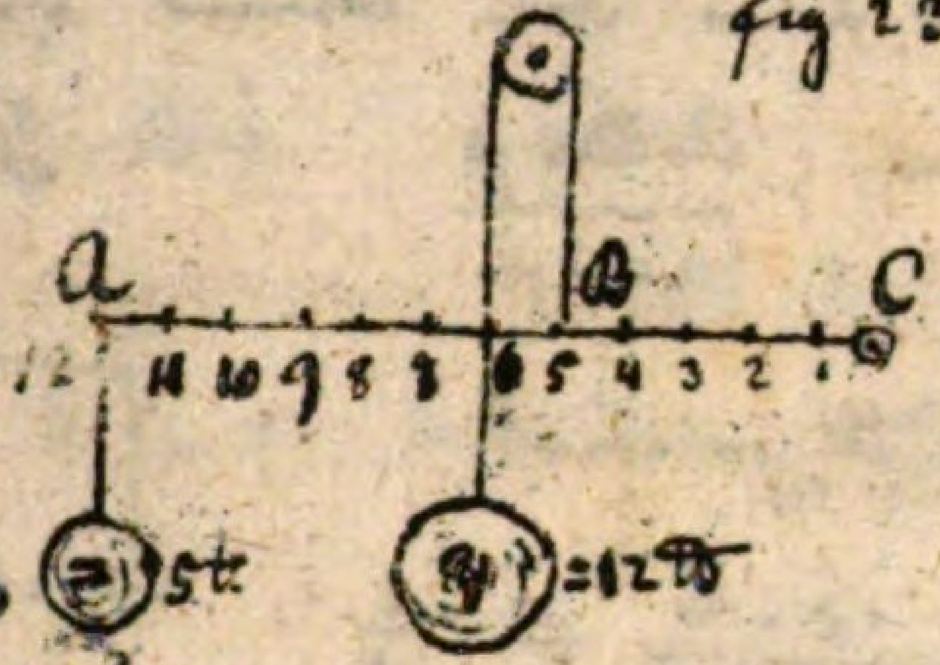


Fig. 22.

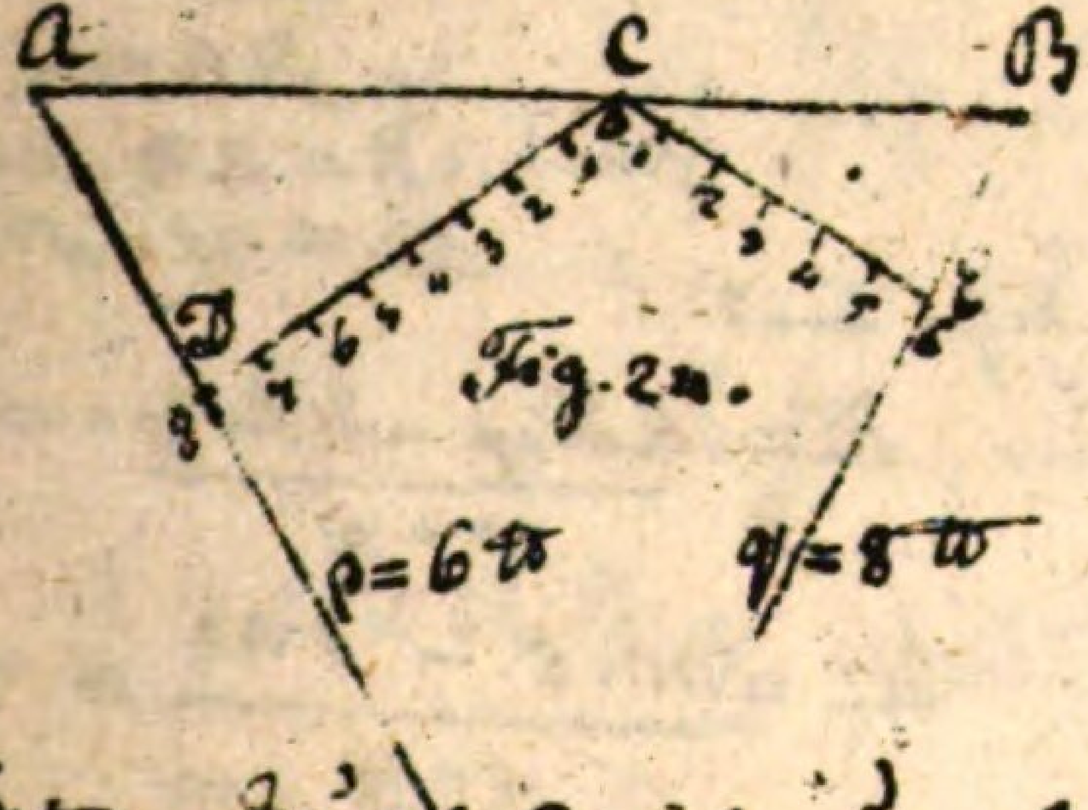
Und an einem mathematischen Hebel der 2ten Art ABC z.B. 5 ℔ mit 12 ℔ ins Gleichgewicht zu setzen, so theile man die Länge AC in so vielen gleiche Theile als das grössere Gewicht gleiche Gewichtstheile hat, hier in 12; hänge an den 12ten Theil in A die 5 ℔, und applizire an den 5ten Theil von C aus das ist in B die 12 ℔ nach entgegengesetzter Richtung, so ist wenn der Hebel ohne Schwere angenommen wird, das Gleichgewicht

herzustellen, denn es ist sodann fig 23 … | $p \cdot AC = q \cdot BC$ das ist $5 \cdot 12 = 12 \cdot 5 = 60$

Fig. 23.



Ziehen am Hebel der ersten Art ACB die Kräfte p und q unter schiefen Richtungen, so sind die Perpendikeln CD und CE die eigentlichen Entfernungen. — Soll unter dieser Voraussetzung die Kraft p bestimmt werden, die mit der Last q im Gleichgewichte steht, so theile man die Perpendikel CD in so viele gleiche Theile als q Pfunde oder Lothe wiegt, so vielmal sich sodann einer dieser Theile auf der Perpendikel CE auftragen läßt, so viel Pfunde oder Lothe müssen dann auch in A nach der Richtung Ap für p appliziert werden, damit Gleichgewicht herrsche.



Es sey q = 8 ℔: man theile den gewiß CD in 8 gleiche Theile, einer dieser Theile läßt sich auf CE 6 mal auftragen, und somit wird p = 6℔ seyn müssen.

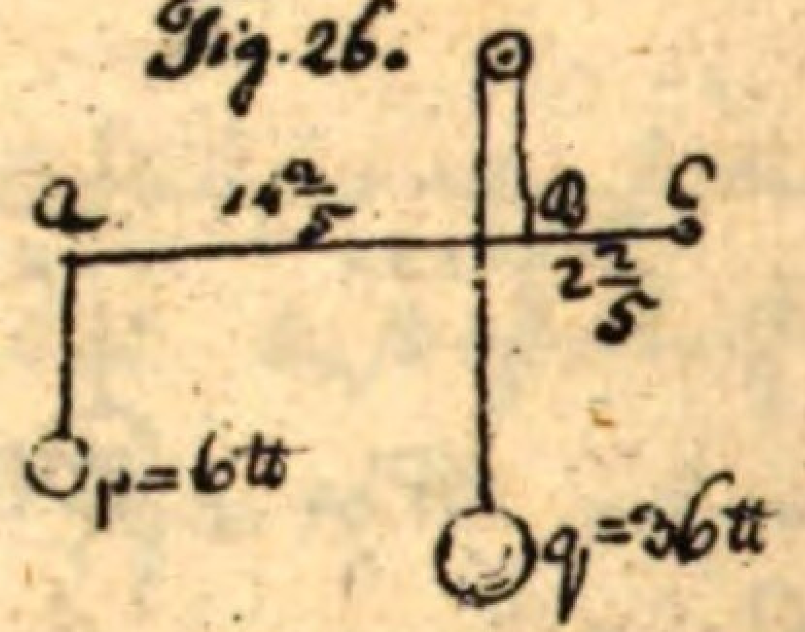
Diese durch Zeichnung bestimmten Resultate lassen sich viel leichter und genauer durch Rechnung finden. |: Fig 25 :| Ist die Länge des Hebels der ersten Art AB = l und die beiden Gewichte p und q gegeben, so ist allgemein die Entfernung des Unterstützungspunktes von A aus nämlich $AC = \frac{AB \cdot q}{p+q}$. Ist z. B. AB = 20', p = 5℔ und q = 35℔ so wird $AC = \frac{20 \cdot 35}{5+35} = 17\frac{1}{2}'$ somit $BC = AB - AC = 20 - 17\frac{1}{2}$ das ist $BC = 2\frac{1}{2}$ Fuß. Und das ist $17\frac{1}{2} \cdot 5 = 35 \cdot 2\frac{1}{2}$ = also Gleichgewicht.



Fig. 25.

Am Hebel der 2ten Art ABC wird für den Stand des Gleichgewichtes $AC = \frac{AB.q}{q-p}$ und $BC = \frac{AB.p}{q-p}$

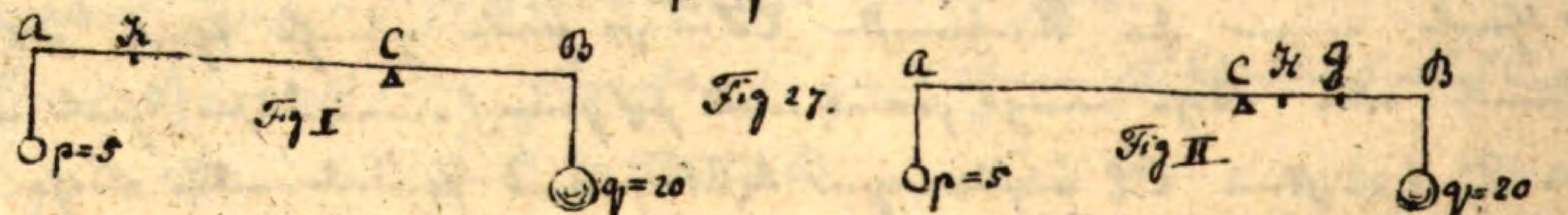
Fig. 26.



Ist z. B. AB = 12 Fuß, q = 36 ℔ und p = 6 ℔ so wird

$AC = \frac{12 \cdot 36}{36-6} = 14\frac{2}{5}$ ℔ und $BC = \frac{12 \cdot 6}{36-6} = 2\frac{2}{5}$

Ist am Hebel der ersten Art ACB der Unterstützungspunkt C von einem gewissen Punkte K aus zu suchen so dienet für Fig I die Formel $KC = \frac{KB.q - AK.p}{p+q}$. für Fig II die Formel $KC = \frac{AK.p - KB.q}{p+q}$.



Gesetzt Fig 27 (I) p = 5 ℔, q = 20 ℔, AB = 15', AK = 5' also KB = 15' − 5' = 10'

Dieses gibt $KC = \frac{10 \cdot 20 - 5 \cdot 5}{5+20} = 7$ Fuß

also AC = AK + KC = 5 + 7 = 12' somit BC = 3 Fuß

und wegen AC . p = BC . q . oder in Zahlen 12 . 5 = 3 . 20 = 60.

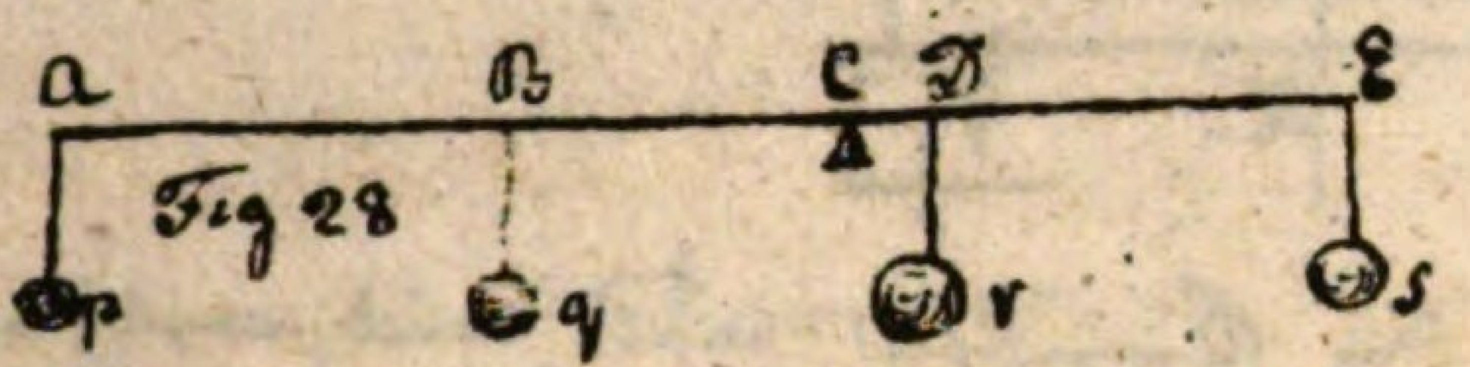
Gesetzt Fig. 27 (II) p = 5 ℔, q = 20 ℔, AB = 15', KB = 5

somit AK = AB − KB, AK = 15 − 5 = 10

also wird $KC = \frac{AK.p - KB.q}{p+q}$.

$KC = \frac{10 \cdot 5 - 5 \cdot 20}{5+20} = -2'$

Es ist für II KB = 5 Fuß angenommen worden. in diesem angenommenen Falle gibt die Rechnung für KC eine negative Größe −2', das heißt daß der Unterstützungspunkt C in dem vorliegenden Falle nicht vorwärts gegen A hin, sondern rückwärts von K gegen B hin anzunehmen sey, so zwar daß Kg = 2 Fuß und somit Bg = 3 Fuß sey. wenn das Gleichgewicht statt finden soll; für welchen wenn nun g der Unterstützungspunkt für II seyn soll die Formel ist: Bg . q = Ag . p das ist in Zahlen 3 . 20 = 12 . 5 = 60 gibt.



Hängen an einem Hebel ACE mehrere Gewichte p. q. r. s.
so ist für den Stand des Gleichgewichts $AC = \frac{AE.s + AD.r + AB.q}{p+q+r+s}$.

Ist z. B. . $p = 6$ ℔.

$q = 18$ ℔	$AB = 5$	so wird wenn man in die gegebene Formel
$r = 30.$ ℔	$AD = 10$	anstatt der Buchstaben ihre Werthe substi-
$s = 20$ ℔	$AE = 16$	tuirt. $AC = \frac{16.20 + 10.30 + 5.18}{6 + 18 + 30 + 20}$

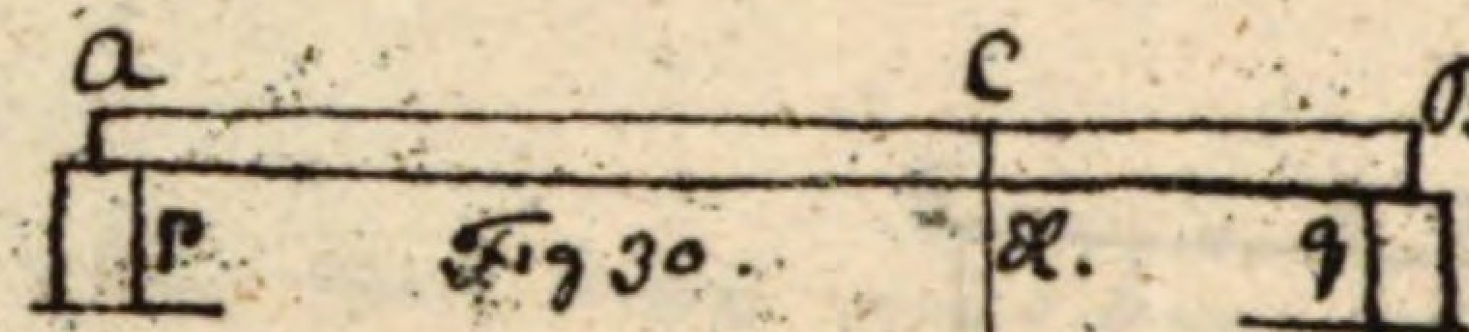
dieses gibt $AC = \frac{710}{74} = 9\frac{22}{37}$ Fuß.

Ist ein physischer Hebel AGCB gegeben, an dessen Enden die beiden Gewichte p und q hängen, und man soll für den Stand des Gleichgewichts den Ort der Unterlage C bestimmen, so kann man sich die Schwere des ganzen Hebels gleich dem Gewicht s in einem Punkte G vereinigt denken; alsdann kann man den Hebel als nicht schwer und statt dessen in G das gleiche Gewicht s denken, so wird der Hebel auf einen mathematischen reduzirt seyn, und somit ist auch. (Fig 29.)

$$AC = \frac{AG.s + AB.q}{p+q+s}, \quad BC = \frac{AB.p + BG.s}{p+q+s}; \quad p = \frac{BC.q - CG.s}{AC}; \quad q = \frac{AC.p + CG.s}{BC}$$

Es sey z. B. das Gewicht des Hebels AB = 18 ℔, die Kraft p = 10 ℔, die Last q = 80 ℔. AB = 12 Fuß, und soviel wenn man den Schwerpunkt des Hebels in seiner Mitte annimmt. AG = 6 Fuß, und demgemäß wird die Entfernung des Unterstützungspunktes vom Anfangs-punkte A des Hebels $AC = \frac{6.18 + 12.80}{10 + 80 + 18} = \frac{1068}{108} = 9\frac{43}{54}$ Fuß.





Drücken Fig 30. p und q die Kräfte aus, mit welchen die beiden Stützen A und B von der Last R gedrückt werden so ist der Druck auf die Stütze A nämlich $p = \frac{R.BC}{AB}$ und der Druck auf die Stütze B das ist $q = \frac{R.AC}{AB}$ und es verhält sich auch $p : q = BC : AC$.

Ist z. B. das Gewicht R = 800 ℔, die Länge AC = 12 Fuß und BC = 4' so wird wegen $p = \frac{R.BC}{AB}$ der Druck auf A $= \frac{800.4}{12+4} = 200$ ℔ der Druck auf B $= \frac{800.12}{12+4} = 600$ ℔.

Ferner tragen die Stützen auch noch den Balken selbst, und zwar wenn man den Schwerpunkt des Balkens in seiner Mitte annimt, trägt jede das halbe Gewicht des Balkens. Wiegt nun der Balken AB = 80 ℔ so wird der ganze Druck auf A = 240 ℔, und jener auf B = 640 ℔.

Im gemeinen Leben wird die Lehre vom Hebel auf vielfache Weise ausgeübt, die einfachste Anwendung der ersten Art des Hebels kommt in Scheeren, Zangen &c vor, die Niet in dem Gelenke ist der Drehungspunkt, wo die Fingern wirkt die Kraft, und die abzuschneidende oder abzutrennende Substanz bildet den zu überwindenden Widerstand. Die gemeinen Hebebäume, die Wurfschaufeln, die Stangen der Wagen sind lauter Hebel, welche nach ihren verschiedenen Gestaltung auch verschiedene Wirkungen hervorbringen, aber sich doch immer nach dem angenommenen Gesetze des Hebels richten. – Aus der Theorie des Hebels der ersten Art, läßt sich die Ursache der meisten Wirkungen angeben die wir mit der gemeinen

zurückzuführen zu verbringen, die Scheeren und Zangen nämlich sind nichts anders, als aus zwey Hebeln zusammengesetzte Instrumente; je länger die Arme, oder Handhaben sind, an welchen die Kraft wirket; und je näher sich der zu schneidende oder zu haltende Körper an der Axe befindet, desto leichter schneidet die Scheere, und desto fester hält die Zange. — Vermittelst eines zweyzüngigen Hammers ziehet man leicht einen Nagel aus, der sonst bei einem daran gehängten Gewichte von mehreren Zentnern unbeweglich steckt; dieser Hammer aber ist ein Winkel=hebel, dessen Unterlage der Punkt ist, worauf sich der Hammer stützet; der Nagel vertritt die Stelle der Last, und die Hand ist die Kraft, welche um so stärker wirket, je länger der Stiel des Hammers ist.

Wenn es schwer hält ein Schloß mit dem Schlüssel aufzumachen, so steckt man einen Stock u. d. gl. in den Ring des Schlüssels, der Stock vertritt die Stelle des Hebels, dessen Unterlage ist der untere Theil des Ringes, die Hand ist die Kraft, der Widerstand vom Schlüssel die Last.

Aus der Theorie des Hebels der 2ten Art erklärt sich, warum ein Messer, z. B. das Schneidemesser der Tischmacher, welches an dem einen Ende an einem Tische befestiget ist, desto stärker schneide, je näher der Körper an den Umdrehungspunkt gebracht werde; der Arm ist die Kraft am Hefte, der Ring in welchem des andern Ende des Messers spielet der Umdrehungspunkt, und der zu beschneidende Gegenstand die Last. — Warum wir mit den Backenzähnen leichter als mit den Vorderzähnen eine Nuß aufbeißen. — Warum Thüren, oder Deckel leichter aufgehen, je weiter sie von den Angeln angefaßt werden, denn die Angeln gelten für die Stütze, die Thüren oder Deckel für die Last, die Hände für die Kraft. Wie mit den Rudern die Bewegung eines Schiffes hervorgebracht werde; denn das Ruder ist ein Hebel der zweiten Art, die Stütze ist das

dem Ruder widerstehende Wasser, die Luft des Schiffs, die Kraft den Mensch[en] welches um so weniger sich ermüdet, je länger die Handhabe am Ruder ist — bei den gewöhnlichen Fahrzeugen aber, an denen sich hinten eine Feder befindet, hat der Schnabel einen vielleicht sechsmal größeren Weg zurückzulegen, als die gegen das hintere Ende hin angebrachte Kraft; und in diesem Verhältnisse wird von dieser letztern eingebüßt, da man sie aber gewöhnlich nur kurze Zeit braucht, so bringt man diesen Kraftverlust nicht in Anschlag. Übrigens ist die Theorie des Gleichgewichts am Hebel allgemein anwendbar und von großem Nutzen für alles was wir an der Bewegung und dem Gebrauche der Maschinen vortheilhaftes haben — auf die Lehre des Gleichgewichts gründet sich die ganze Lehre der Hydrostatik, die Aerometrie der Baukunst &c. —

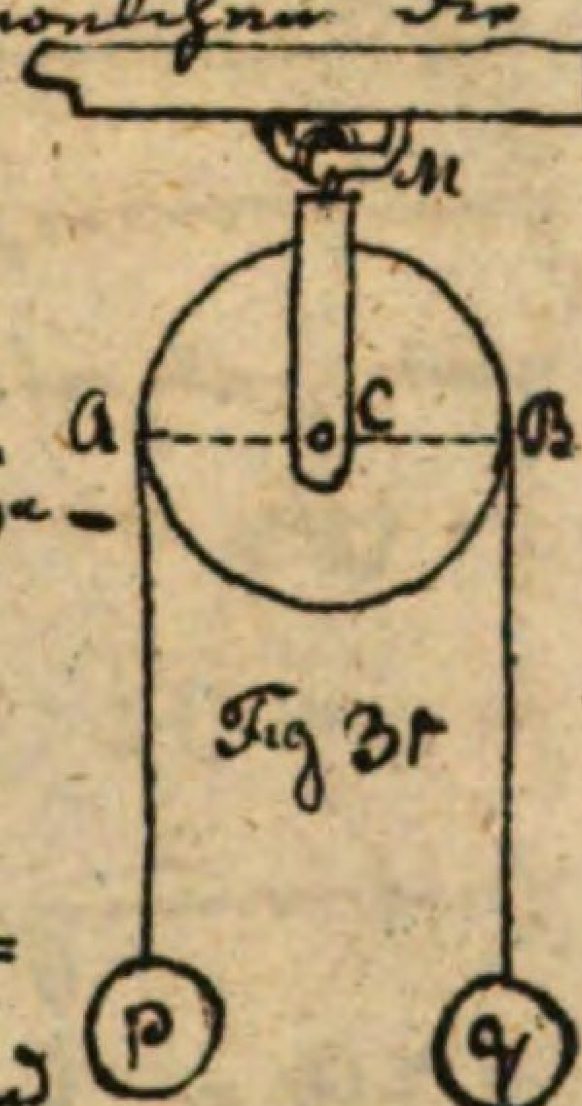
Die Rolle.

Die Rolle ist eine feste gewöhnlich aus Holz oder Metall verfertigte kreisrunde Scheibe, deren äußerer Umfang mit einem Einschnitt versehen ist, und die sich um eine durch ihren Mittelpunkt durchgesteckte auf der Ebene ihrer Oberfläche senkrechte Axe drehet.

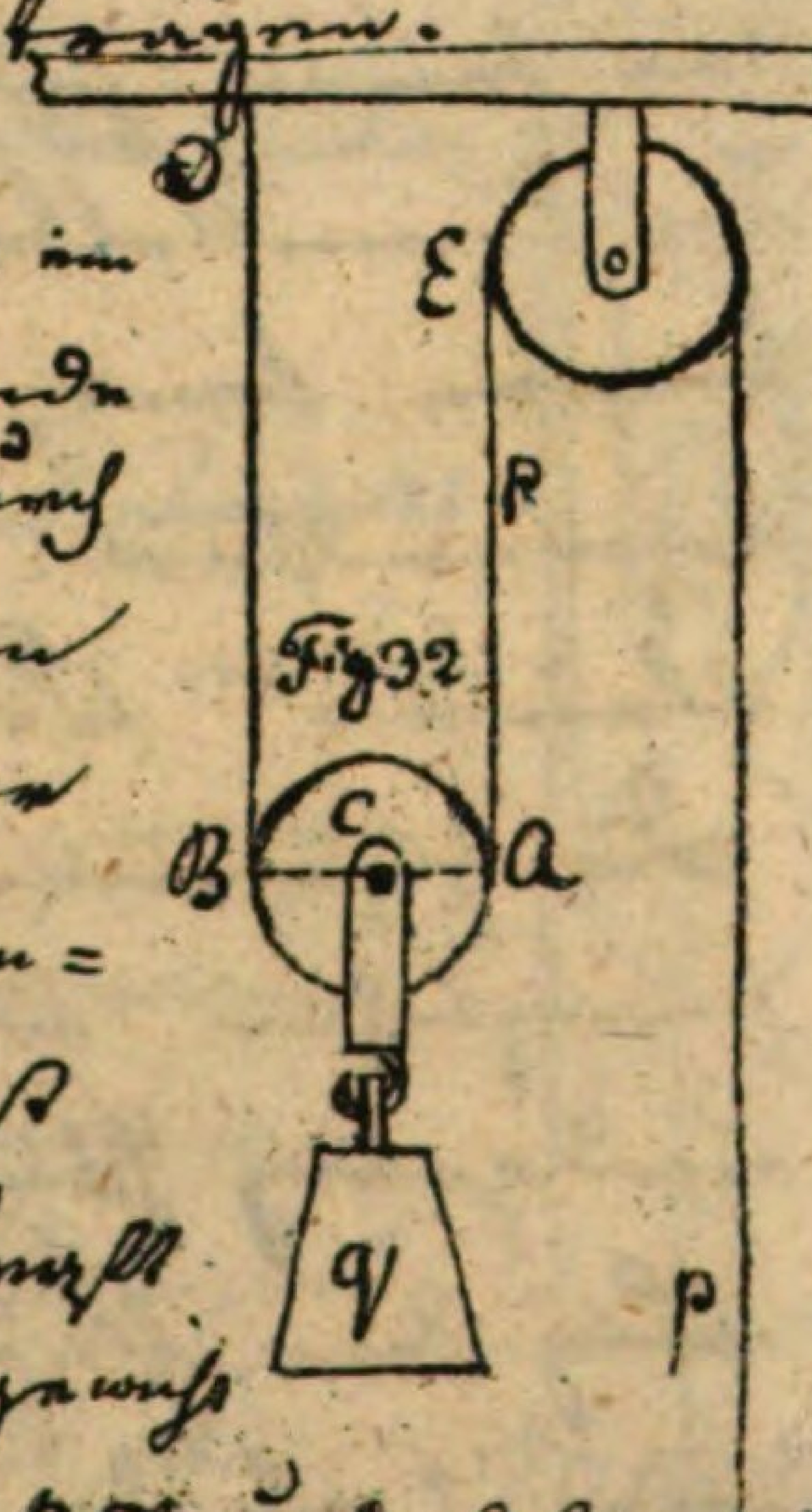
Ist diese Axe fest so kann sich die Rolle nur um ihren Mittelpunkt drehen und heißt alsdann die unbewegliche Rolle. — Es gibt aber auch Fälle wo die Axe nicht befestigt ist, dann bewegt sich die Rolle während sie sich um ihre Axe drehet, zugleich auch im Raume, eine solche Rolle nennen sodann eine bewegliche.

Man denke sich um den Querschnitt der unbeweglichen Rolle ein biegsames Seil herumgeschlagen, und sich an den Umfang derselben anlegend, an der einen Seite werde das Seil von der Kraft p, an der andern Seite von der Last q angezogen, so ist es klar daß diese Maschine nichts anders als ein Hebel sey, dessen Arme die Halbmesser CA, CB sind, welche aus dem Mittelpunkte des Kreises nach den Punkten, in welchen die Seile die Rolle berühren gezogen werden —

Da diese Arme gleich sind, so muß für den Zustand des Gleichgewichtes auch die Kraft der Last gleich seye — In diesem Falle gehet die aus den beiden Kräften p und q resultirende mittlere Kraft durch den Mittelpunkt der Rolle, und wird durch den Widerstand der Axe, die durch den Nagel M gehalten wird aufgehoben; mithin muß diese, wenn die Richtungen der Kräfte parallel sind die Summe beider tragen.



Es sey nun Fig 32 um die bewegliche Rolle BCA ein Seil geschlagen, von welchem das eine Ende in D festgehalten, das andere E aber, durch eine Kraft p angezogen wird. – Bringt man an der Axe der Rolle ein Gewicht Q, oder irgend eine nach der Richtung CQ wirkende Last an, so ist es klar daß die Last durch die vereinte Wirkung der Kraft P, und des Widerstandes in D im Gleichgewicht erhalten werde, die beiden Seile BD und AE, werden durch das Gewicht Q gleich stark gespannt seyn genau so, als wenn das Hinderniß D, durch eine Kraft, die



gleich p ist, versetzt würde. Nimmt man hier alles ungeachtet von dem der vorhergehenden Sätze, so wird die Kraft p, genau der halben Last Q gleich seyn müssen; ist dieselbe größer, so wird das Gewicht Q gehoben werden, vorausgesetzt daß das Seil vollkommen biegsam sey, und daß sich ausserdem bei dem Apparat kein anderes physisches Hinderniß befinde, welches sich der Bewegung entgegen setzet.

In Fig. 31 verhält sich $p : q = AC : BC$ und wegen $AC = BC$ ist auch $p = q$

In Fig 32 ist B als der Unterstützungspunkt anzusehen, also CB die Entfernung der Last, und AB jene der Kraft, und es verhält sich $p : q = CB : AB$ und wegen $CB = \frac{1}{2}AB$ ist auch $p = \frac{1}{2}q$.

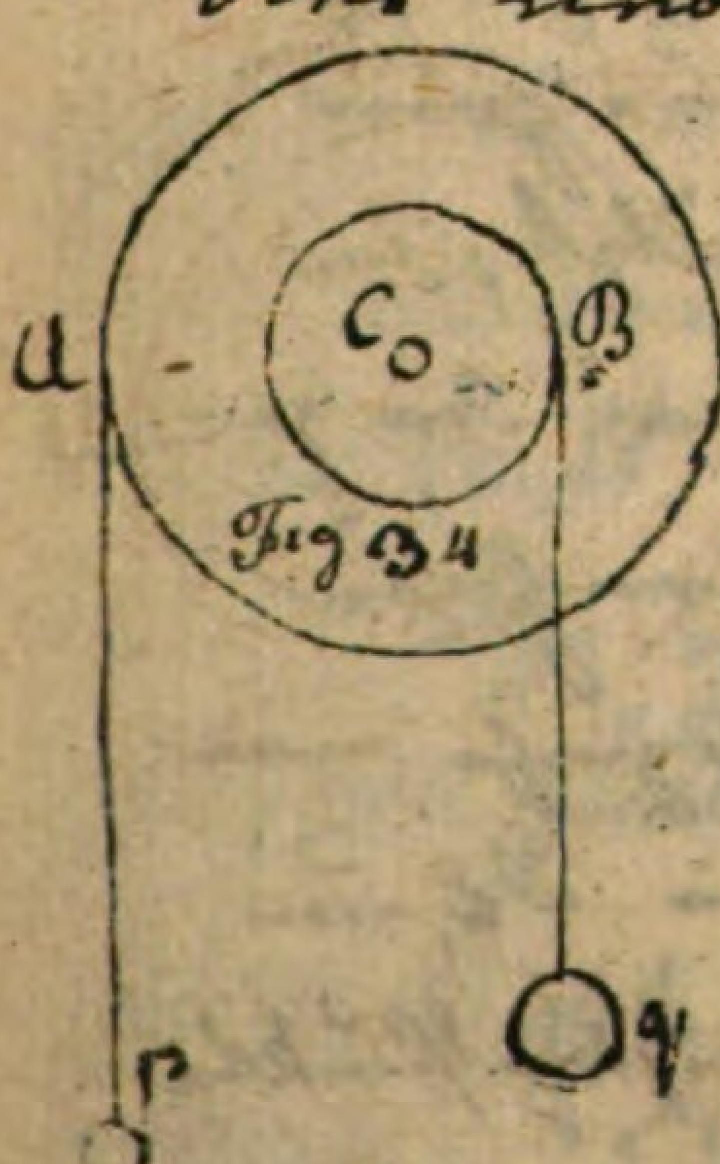
Verbindet man mehrere Rollen eine über der andern, von denen jede nach und nach, als eine feste Unterlage der unmittelbar auf sie folgenden untern angesehen werden kann, so wird eine solche Verbindung sehr anwendbar, um große Lasten mit verhältnißmäßig kleinen Kräften zu heben.

Die Zusammensetzung mehrerer beweglichen, oder unbeweglichen Rollen in eine Hülse heißt man Flasche, und zwey Flaschen geben einen Flaschenzug.

Bey dem Flaschenzuge verhält sich die Kraft zur Last wie 1 zu der Anzahl der von der untern Flasche aufwärts gehenden Stricke; das heißt die Kraft darf für den Stand des Gleichgewichtes um so vielmal kleiner seyn als die Last

als Seile von der untern Flasche aufwärts gehen.
Sind in der untern Flasche 3 bewegliche Rollen, und 6 von denselben aufwärts gehende Seile, so wird wenn noch p die Kraft, und q die Last bedeutet $p = \frac{q}{6}$.
oder allgemein wenn n jede andere Zahl der von der untern Flasche aufwärts gehenden Seile bedeutet, so ist die Spannung eines jeden Seiles $= \frac{q}{n}$ mithin auch $p = \frac{q}{n}$
Für $q = 600$ ℔, $n = 6$ wird $p = 100$ ℔.

Der Flaschenzug wird gewöhnlich gebraucht um große Lasten nach vertikaler Richtung auf eine gewisse Höhe zu bringen, auch um Lasten nach jeder andern Richtung auf nicht zu weite Strecken fortzuschaffen, um z. B. am schrägen Ufer Schiffe auf die Schiffswerfte zu ziehen, wobei der Flaschenzug mit einer Winde verbunden wird, wodurch die sogenannte Schiffswinde entsteht.
Es ist bei dem Flaschenzug einerley ob die Rollen hinter oder nebeneinander stehen.



Das Rad an der Welle Fig 34 dient ebenfalls zum Aufheben schwerer Lasten, es kann als eine Zusammensetzung von zwey Rollen betrachtet werden, die von ungleichen Halbmessern sich an einer gemeinschaftlichen Axe befinden, und bei welchen an der größern die Kraft, an der kleinern die Last angebracht wird. Für den Zustand des Gleichgewichts verhält sich bei dem Rade an der Welle die Kraft (p:) zur Last (:q:) wie



der Halbmesser der Welle (:BC:) zu dem Halbmesser des Rades (:AC:) um so viel mal nämlich der Halbmesser der Welle, in dem Halbmesser des Rades enthalten ist, um so viel mal darf die Kraft kleiner seyn, als die Last.

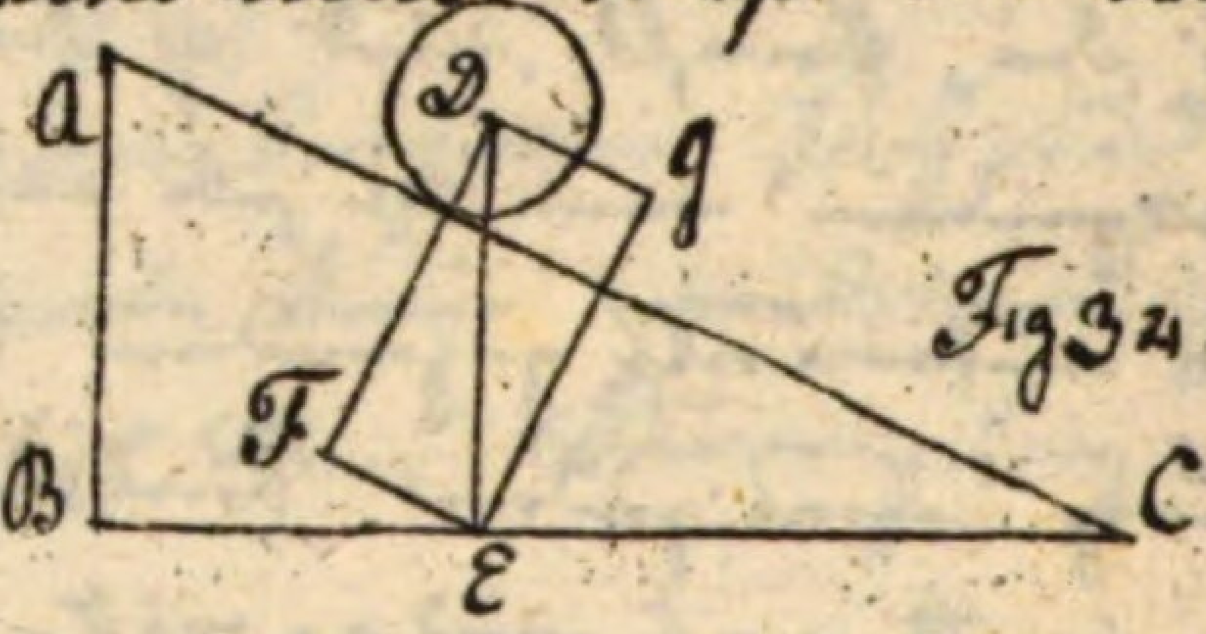


Fig. 34.

Die geneigte Ebene

Eine geneigte Ebene macht mit dem Horizonte auf welchem sie steht einen schiefen Winkel, z.B. die Fläche AC, welche mit dem Horizonte BC den Winkel ACB macht; bei dieser heißt der Winkel ACB der Neigungswinkel, die senkrechte Linie AB die Höhe der Ebene, die Hypothenuse AC die Länge derselben, und BC stellet die Länge der Grundfläche vor.

Auf der geneigten Ebene kann ein Körper, wenn von der Reibung abstrahiert wird, nicht ruhen, denn der Schwerpunkt ist entweder gar nicht, wie bei der Kugel, oder nur zum Theil, wie bei einem Parallelepipedum unterstützt; im ersten Falle rollet er, im zweiten gleitet er über die geneigte Ebene herab. Will man die Kraft berechnen welche erforderlich ist um dieses zu verhindern, so ziehe man durch seinen Schwerpunkt D eine lothrechte Linie DE, um die ganze Größe seiner Schwere, welche als in diesem Punkte vereiniget gedacht werden kann auszudrücken.

Vermöge des Parallelogramms der Kräfte läßt sich diese Kraft in zwei Seitenkräfte zerlegen, von denen die eine DF auf der festen Ebene senkrecht, die andere DG mit der

Oberfläche derselben parallel ist. Es leuchtet ein daß die erste durch den Widerstand, welche die Fläche ihr darbiethet ganz aufgehoben werde; es wird demnach den Körper nur vermöge der Kraft Dg herabgleiten – es ist demnach nur nöthig diese Kraft ins Gleichgewicht zu setzen, um ihn zurückzuhalten.

Das Gewicht des Körpers wird sich demnach zu der ganzen anzuwendenden Kraft verhalten wie die Diagonale DE zur Seite Dg; oder wie die Länge der Ebene AC, zur Höhe derselben AB. d.h. Soviel mal als die Höhe AB in der Länge der Ebene AC enthalten ist, um so viel mal darf die Kraft kleiner als die Last seyn, wenn sie auf der geneigten Ebene im parallelen Zuge derselben das Gleichgewicht halten soll.

Heißt allgemein die Last, welche im parallelen Zuge über die geneigte Ebene bewegt werden soll $= q$, die Länge der Ebene $AC = l$, die Höhe derselben $AB = h$, die Grundlinie des vertikalen Durchschnittes der Ebene $BC = b$, und die Kraft mit welcher der Körper herabrollen würde, oder die welche ihn auf der Ebene nach paralleler Richtung zurückhält $= p$, so ist diese Kraft $p = \frac{qh}{l}$;

Der Druck, den dabei dieser Körper auf die Ebene selbst ausübet ist $DF = \frac{qb}{l}$;

Es sey z.B. die Höhe der Ebene AB oder $h = 8$ Fuß, die Länge derselben AC oder $l = 56$ Fuß, und das Gewicht des auf der Ebene befindlichen Körpers q sey = 343 ℔

so erhält man die entgegengesetzte Kraft Dg oder p, wenn man in der oben aufgestellten Formel $p = \frac{qh}{l}$, anstatt der Buchstaben ihre Werthe substituirt $p = \frac{343 \cdot 8}{56}$ $= 49$ ℔; diese 49 ℔ findet man auch aus der einfachen Betrachtung; nämlich: da die Höhe 8 in der Länge der Ebene 56 siebenmal enthalten ist, so wird auch die gesuchte Kraft p nur den 7ten Theil von der Last 343 ℔ d.i. 49 ℔ betragen.

Ist bei dieser Aufgabe die Grundlinie Bl der Ebene = b gegeben, oder durch Rechnung = 55,6 Fuß gefunden worden, so wird der Druck den der Körper auf die Ebene ausübt,

$DF = \frac{qb}{l}$, das ist $DF = \frac{343 \cdot 55.6}{56} = 340{,}5$ ℔.

Die geneigte Ebene gibt uns ein Mittel an die Hand, eine Last zu einer beliebigen Höhe mit Hülfe einer Kraft, welche geringer als dieselbe ist zu erheben; indem man sie längs der geneigten Ebene bis zu dieser Höhe steigen läßt; und damit bei dieser Bewegung die Last sich nicht in horizontaler Richtung auf eine beträchtliche Weite entferne, so darf man die Ebene nur um eine lothrechte Axe winden, wie dieses der Fall bei den Straßen ist, welche sich schlängelnd an den Gebirgen erheben.

Dieses ist genau die Einrichtung der Schraube welche nichts anderes als eine geneigte Ebene ist, die in einem senkrechten Cylinder eingeschnitten wurde. Der erhabene Theil zwischen zwey solchen Einschnitten heißt ein Schraubengang, die Entfernung zweyer

Schraubengänge von einander die Schraubenweite, und mehrere Schraubengänge zusammen ein Gewinde.

Die Entstehung einer Schraube kann man sich dadurch erklären, daß man sich dieselbe durch die Umwickelung eines Dreieckes ABC um eine Walze entstanden

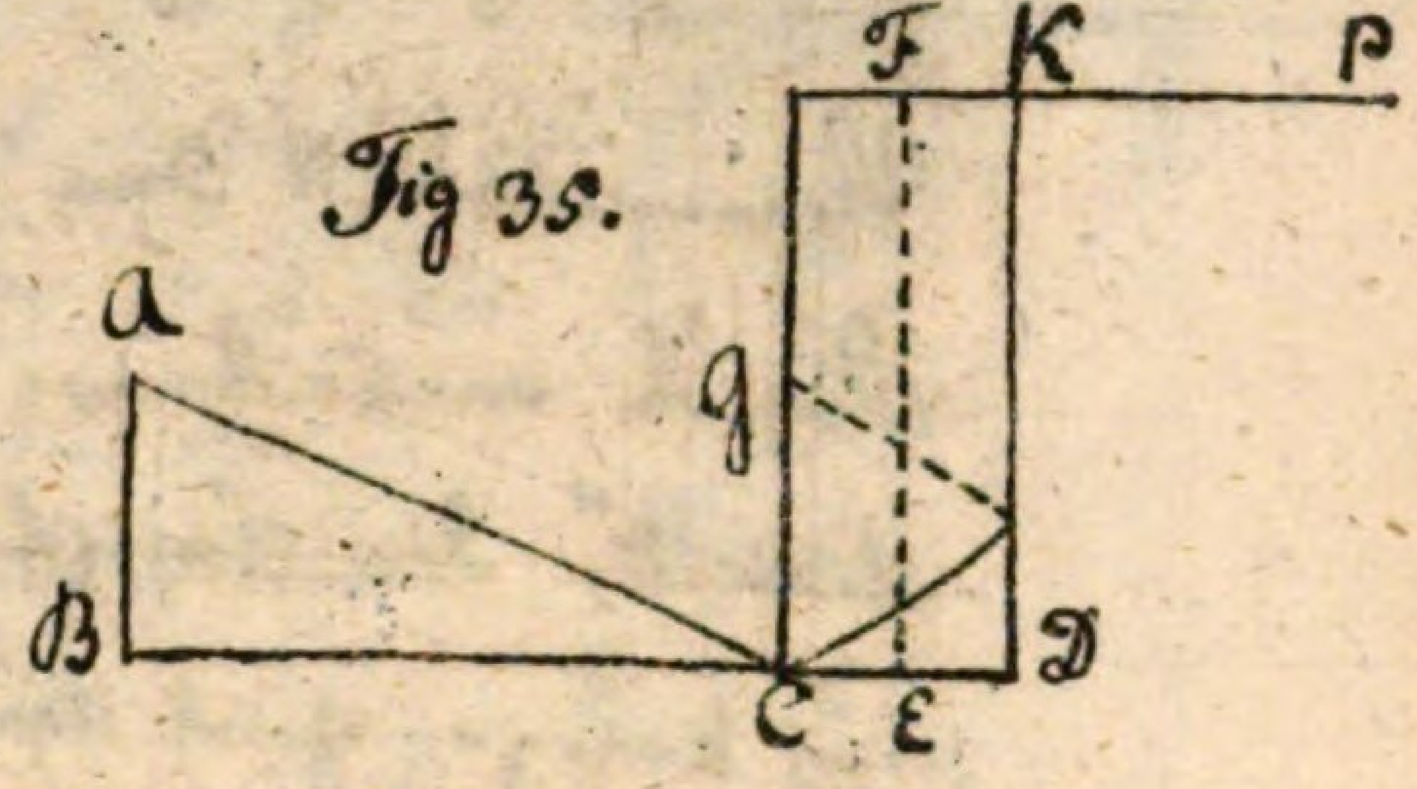


Fig 35.

vorstellt, die Peripherie der Schraube oder BC ist die Grundlinie, die Hypothenuse AC stellt den Schraubengang, und die Höhe AB den Abstand zweyer Schraubengänge vor. Um sich der Schraube zu bedienen, verfertiget man einen Körper mit rinnenförmigen Einschnitten, welcher die Schraubenmutter genannt wird; die Gänge derselben richten sich genau nach den Dimensionen der Schraube, nur mit dem Unterschiede daß in jener alles vertieft, was an dieser erhoben ist. Die Schraubenmutter wird an eine unbewegliche Unterlage befestiget, und indem man die Schraube mit Hülfe eines Hebels welcher durch die Schraube senkrecht mit ihrer Axe hindurchgehet, umdrehet, so bringt man in der Längenrichtung dieser Axe ausnehmend große Wirkungen hervor. Es verhält sich nämlich bei der Schraube die Kraft zur Last wie die Schraubenweite, zum Umfang des Kreises welchen die Kraft am Hebel beschreibt. oder wenn p die Kraft, q die Last, d die Schraubenweite, und R die Länge des Hebels Fp bedeutet so ist $p = \frac{d\,q}{\text{Umfang } R}$.

Anmerkung Man bekommt den Umfang eines Kreises wenn man den doppelten Halbmesser mit 3,14 multipliziert, diesen genau

kann man statt der oben aufgestellten Formel folgende ihr gleich setzen: $p = \frac{dq}{6{,}28 . R}$ daraus $q = \frac{6{,}28\, R p}{d}$

Vermittelst der Schraube läßt sich nun sehr großer Druck ausüben – Es sey z.B. die Schraubenweite $d = 1''$, die Kraft welche ein Mensch im horizontalen Zuge auf kurze Zeit ausüben kann $p = 60$ ℔, die Länge der Hebelarmes $R = 4$ Fuß oder $= 48''$, so ergiebt sich der dadurch ausgeübte Druck $q = \frac{6{,}28 . 48 . 60}{1} = 18086{,}4$ ℔.

Ist die Schraubenmutter sehr genau gearbeitet, wofür man immer Sorge trägt, so wird die Schraube auch für sich nicht mehr zurückweichen, denn die Berührung der innern Flächen der Schraubenmutter bringt mit den hervorragenden Gängen der Schraube, eine solche Reibung und Adhäsion hervor daß sie diese Zurückweichung schon für sich allein verhindern, und zwar um so leichter je kleiner die Schraubenweite, und je größer dabei der Umfang der Spindel ist.

Lässt man die Schraube an einer Axe in die Zähne eines daran liegenden Rades eingreifen, und dadurch das Rad in Umlauf bringt so nennt man sie die Schraube ohne Ende; befindet sich an dem Rade eine Welle, um die ein Seil sich aufwinden läßt, so können dadurch mit geringer Kraft ungeheure Lasten aufgezogen werden.

Bey der Schraube ohne Ende verhält sich die Kraft zur Last, wie das Produkt der Schraubenweite d in den Halbmesser der Welle r, zu dem Produkte aus der Peripherie welche die Kurbel pf beschreibt in den Radius des Rades R. Es ist nämlich wenn p die Kraft und noch q den Widerstand bedeutet $p = \frac{qrd}{\text{Umfang } fp \cdot R}$ oder wenn die Länge der Kurbel $fp = l$ gesetzt wird, so ist $p = \frac{qrd}{6{,}28\, Rl}$;



Fig. 36.

Es sey z. B. die Last q = 8750 ℔, die Länge der Kurbel l = 15" die Schraubenweite d = 3", der Halbmesser der Welle r = 6" und der Halbmesser des Rades R = 60"; wie groß wird unter diesen Umständen für den Stand des Gleichgewichtes die Kraft seyn müssen.

Auflösung. Man darf nur in die obige Formel anstatt der Buchstaben ihre Werthe in Zahlen substituiren so hat man:

$$p = \frac{8750 \cdot 6 \cdot 3}{6{,}28 \cdot 60 \cdot 15} = 28 \text{ ℔ ungefähr.}$$

Der Keil.

Ein dreyseitiges Prisma, dessen Seite ein rechtwinklichtes Dreyeck ABC vorstellet heißt ein einfacher Keil, BC ist die Höhe des Keils, AB seine Basis oder der Rücken; Ein doppelter Keil ACD ist aus zweyen einfachen zusammengesetzt, deren gemeinschaftlicher Rücken AD ist.

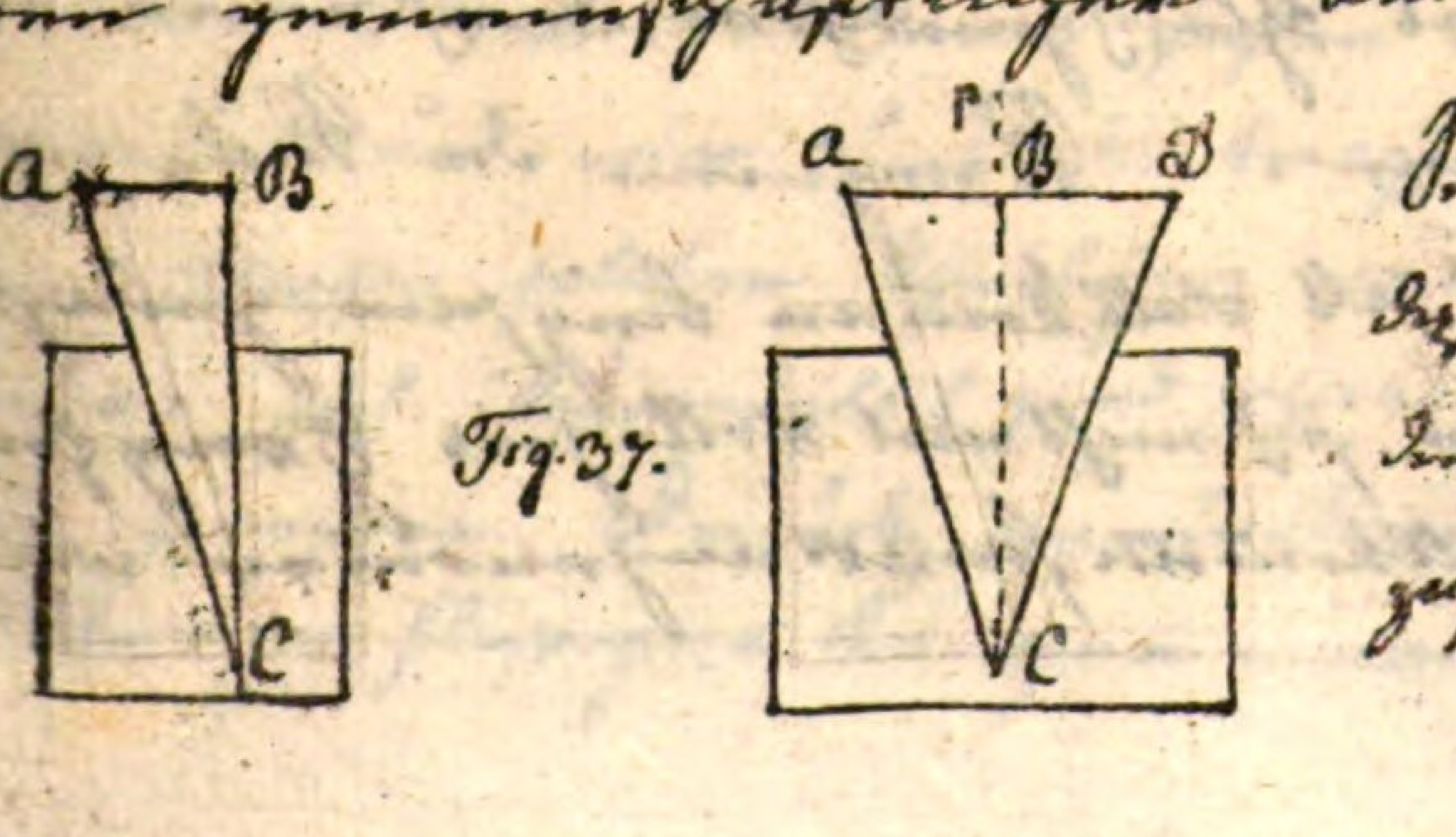


Fig. 37.

Sein Gebrauch besteht darin daß man ihn zwischen Flächen die durch irgend eine Kraft zusammenhängen oder gegen

einander gepreßt sind, mit der scharfen Kante nach und nach eindringen läßt, und sie dadurch auseinander treibt. —

Da man den einfachen Keil als eine geneigte Ebene betrachten kann, bei welcher die Kraft parallel mit der Höhe des Keiles BC wirkt, so verhält sich bei demselben die Kraft zu dem Widerstande des zu trennenden Körpers, wie die Breite des Keiles AB, zu seiner Höhe BC. —

Bei dem doppelten Keile dessen Anwendung die gewöhnlichste ist vertheilt sich die Last auf die 2 Seiten AC, und DC, und es verhält sich bei diesem die Kraft zur Last, wie die Breite des Keiles AD zur doppelten Höhe 2.BC. Je spitzer also der Keil, oder je kleiner die Breite im Vergleich mit seiner Höhe ist desto wirksamer ist der Keil.

Bisher hat man angenommen, daß die Kraft frey durch alle Theile hindurchgehe aus welchen jede Maschine zusammengesetzt ist, ohne daß sie nöthig habe, irgend einen Widerstand, als den welcher besonders betrachtet wird zu überwinden — Will man jedoch in der Ausübung diese Resultate anwenden, so trifft man auf verschiedene Hindernisse welche in der physischen Beschaffenheit der Körper liegen, deren man sich bedient; und welche die allgemeinen Bedingungen der Bewegung und des Gleichgewichtes durch neue und besonderen vermehren. So nehmen die Seile welche der Voraussetzung nach als vollkommen biegsam gedacht wurden Steifheit an, und biegen sich nicht mit völliger Genauigkeit, der Körper welche als vollkommen starr angenommen wurden,

biegen sich mehr oder weniger; die Oberflächen welche sich berühren, und welche als ohne Hinderniß über einander weggleitend gedacht würden, hängen mit einer gewissen Kraft an einander welche überwunden werden muß, ehe sie sich trennen; — und wenn Bewegung hervorgebracht ist, so entsteht zwischen ihnen eine mehr oder weniger starke Reibung, welche die Bewegung langsamer macht, oder sie gar erstickt. — Demnach biegen sich die Hebel nicht völlig frey um ihren Unterstützungspunkt, noch die Seile in den Einschnitten am Umkreise der Rollen, noch die Schrauben in den Schraubenmuttern &c. Um die richtigen Resultate der Bewegung zu bestimmen muß man auf alle diese Ursachen Rücksicht nehmen, da sie jedoch von der physischen Beschaffenheit der Körper abhängen, so müssen sie auch durch Erfahrung ausgemittelt und die Größe ihres Einflusses bestimmt werden, damit man sie bei der Berechnung in Erwägung ziehen kann.

Gleichgewicht der tropfbar flüssigen Körper.

So wie wir uns die festen Körper als eine Masse unwandelbar mit einander verbundener fester oder starrer Theilchen dachten, so wollen wir uns die tropfbar flüssigen Körper als eine Masse solcher Theilchen vorstellen, die völlig frey und unter sich beweglich sind, ohne daß sie sich durch einen noch so großen Druck verdichten lassen.
Ein vollkommen flüssiger Körper würde derjenige seyn, dessen

Theile gar keinen Zusammenhang äußern; dergleichen Körper gibt es aber in der Natur nicht, da doch der Wasserstoffgas, welcher an dem feinsten Grade bleibt allerdings einen geringen Zusammenhang in seinen Theilchen äußert.

Die Theile der flüssigen Körper können mit der kleinsten Kraft untereinander verschoben werden, und der Grund dieser leichten Verschiebbarkeit liegt darin daß die Theilchen der Flüssigen sich, solange bewegen bis sie unter einander die größte Berührung haben, daß mithin die Anziehungskräfte auf ein nämliches Theilchen von allen Seiten entgegengesetzt wirken, und dadurch den Widerstand der Cohäsion aufgehoben, und somit die Verschiebbarkeit der Theilchen durch jede kleinste Kraft möglich wird.

Die leichte Verschiebbarkeit der Theilchen finden wir in dem Wasser dem Weingeiste dem Quecksilber u.s.w.

Da die tropfbar flüssigen Körper auch schwer sind, so sind sie auch den Gesetzen des Gleichgewichtes unterworfen.

Bei den festen Körpern läßt sich wegen der Stärke des Zusammenhangs und der Starrheit der Theilchen ein gemeinschaftlicher Schwerpunkt annehmen, in welchem sich ihre ganze Schwere so zu sagen vereinigt, wenn man den festen Körper unterstützen wo man will, so muß man nur den gefaßten Theil zu haben die Schwere des ganzen Körpers tragen - die flüssigen Körper muß man vielmehr wegen des äußerst geringen Zusammenhangs seiner Theile, als eine Menge Theilchen ansehen die unabhängig von einander ihre Schwere durch Fallen oder Druck äußern und von denen jedes noch so kleine Theilchen seinen eigenen Schwerpunkt hat.

der einzeln oder unabhängig von den übrigen Massen wirken kann. – Hält man z.B. den Finger unter ein durchbohrtes Gefäß in welchem sich eine große Menge Wasser befindet, so drückt derselbe nicht die ganze flüssige Masse, sondern blos das Gewicht der über ihn stehenden Wassersäule.

Eine Wassersäule ist z.B. diejenige Menge schweren Wassers, welche den körperlichen Inhalt eines senkrecht graden prismatischen oder cylindrischen Gefäßes ausfüllt. Das absolute Gewicht einer solchen Wassersäule erhält man, wenn man den körperlichen Inhalt derselben mit dem eigenthümlichen Gewichte des Wassers multiplizirt – Es wiegt aber der bair. Cubikfuß Regenwasser 44,4 bair. Pfunde, somit der Cubikzoll $\frac{37}{45}$ Loth, das ist etwas über $\frac{4}{5}$ Loth, und eine bair. Maß die = 70,304 Cubikzolle ist, wiegt 1,87 ℔.

Die festen Körper drücken blos nach der Richtung der Schwere abwärts, während die flüssigen abwärts, aufwärts und nach allen Seiten hindrücken, und zwar so, daß in einer jeden horizontalen Schichte der Druck von allen Seiten gleich groß ist, die unten liegenden Theilchen der flüssigen drücken mit ihrer Schwere auf die untern, diese wi=dern in eben dem Maße auf jene zurück, und da die obern Theilchen die unter ihnen liegenden mit ihrer Schwere auseinander zu drücken suchen, so werden die untern liegenden mit eben der Gewalt auch seitwärts drücken mit welcher sie abwärts

gedrückt werden, und dieß so lange bis ihr Druck nach allen Seiten hin, in einer jeden horizontalen Schichte, einem gleichen Theile gleich, und d. der Gegenwirkung der Wand und des Bodens vom Gefäße aufgehoben wird, daraus folgt auch das allgemeine Grundgesetz des Gleichgewichts einer Flüssigen mit sich selbst, näm-lich daß die Flüssige sich selbst überlassen immer eine horizontale Oberfläche annehmen müsse.

Um einzusehen daß der Druck der Flüssigen in einer gegebenen Tiefe aufwärts eben so stark als abwärts seyn müsse, so gedenke man sich von dem mit Wasser gefüllten Gefäße ABCD in AC die Höhe einer Wassersäule von mehreren Wassertheilchen. Es drückt nun das oberste Theilchen 1 das folgende 2, nur mit seinem Gewichte, welches Gewicht ebenfalls =1 ist; das Theilchen 2 ist unbeweglich, und seine Gegenwirkung allemal der Wirkung gleich, mithin wirkt das Theilchen 2 dem Theilchen 1 eben so stark =1 entgegen;

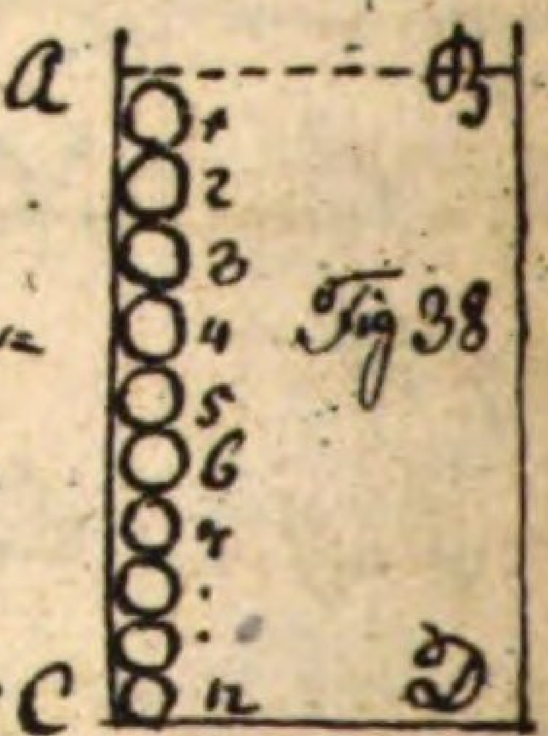


Fig 38

das nämliche gilt von dem Theilchen 2, welches auf das Theilchen 3 gleich 2 drückt, und so drückt das Theilchen 3 hinwieder mit der nämlichen Stärke =2, auf das Theilchen 2 u.s.w. Würde ein Theilchen an der einen Seite mehr gedrückt, als von der an-dern, so müßte es der dem stärkern Drucke nachgeben, und weichen, und zwar so lange bis der Druck von allen Seiten gleich würde; dieß könnte aber ohne Bewegung der Theilchen nicht geschehen, mithin wären die Flüssigen nie in Ruhe, welches der Widerspruch aller Erfahrung ist; also ist der Druck der Flüssigen in

in einerley Dichte nach allen Seiten hin gleich groß.

Setzt man mehrere Glasröhren mit ihren untern Oeffnungen nach verschiedenen Richtungen in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, so wird das Wasser in alle Röhren dringen aus keinem andern Grunde, als weil das Wasser nach allen Richtungen hindrückt.

Würde in einer Seitenwand eines mit Wasser gefüllten Gefäßes eine Oeffnung gemacht, so dringt das Flüssige alsobald heraus, wird ein Schiff an einer Seite von einer Kugel durchbohrt, so dringt das Wasser durch das gemachte Loch hinein, und woher die Ueberschwemmungen? wenn das Flüssige keinen Seitendruck hätte.

Füllet man ein Gefäß mit Wasser so werden die Theilchen des Flüssigen, welche senkrecht über ein ander liegen, nicht nur durch ihre eigene Schwere unterwärts getrieben, sondern ihr Druck wird auch noch durch das Gewicht der sämtlichen über ihnen liegenden Wassertheilchen vermehret, so daß die ganze Wassersäule auf den Boden des Gefäßes drücket; mithin bekomt man den Druck des Flüssigen auf den Boden eines Gefäßes, wenn man die Fläche des Bodens mit der Höhe der Wassersäule, und dieses Produkt noch mit dem relativen Gewicht des Wassers multipliziert. Ist nun der Bodendruck des Flüssigen $= P$, die Höhe desselben $= H$ und das relativen Gewicht des Wassers $= g = 66$, u. ℔ für den Kubikfuß, so ist $P = BHg$ worin noch B den Flächeninhalt des Bodens bedeutet.

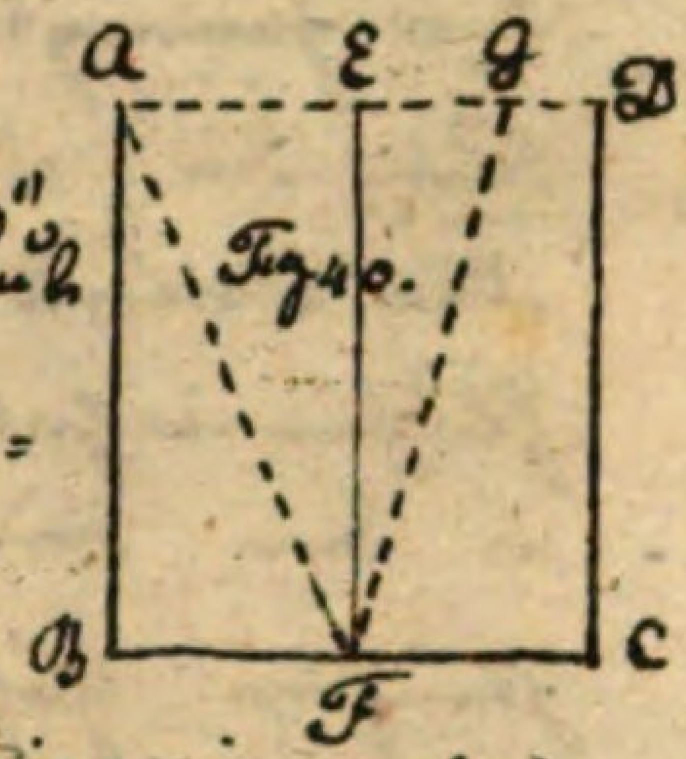
Läßt man eine leere Flasche mit einem etwas weitern Halse und Öff=
nung, welche mit Kork so verstopft ist, daß das Wasser nicht eindrin=
gen kann, mit Gewichten beschwert senkrecht unter die Wassersäule
so weiter sie hinunter kommt, und je höher folglich die über dem
Korke befindliche Wassersäule wird, um so tiefer, und so fester
wird der Kork in den Hals hineingedrückt; ist die Flasche bis auf 48
Fuß hinabgesenkt worden, so wird der Kork durch die Stärke
des Druckes ganz in die Flasche hineingedrückt und diese mit
Wasser gefüllt. denn gesetzt es sey der Durchschnitt der Öffnung
oder des Korkes = 4 Quadratzollen d.i $= \frac{4}{144} = \frac{1}{36}$ Quadratfuß so wird in
der Tiefe $H = 48'$ der Druck auf den Kork wegen $P = BHS$

$P = \frac{1}{36} \cdot 48 \cdot 44{,}4 = 50\frac{13}{15}$ ℔ welches hinreicht um den genannten
Effekt zu bewirken, Eine andere Eigenschaft des
Wassers in Bezug auf die Luft ist dessen Undurch=
=dringlichkeit denn versenkt man eine gebogene
Röhre ABCD bei D ins Wasser, so wird die Luft in
derselben so zusammengedrückt daß sie das in C befind=
liche Wasser springen macht. dieser Versuch bekräftiget
zugleich auch, daß die Flüssigkeiten nicht nur abwärts, und
seitwärts sondern auch aufwärts drücken.

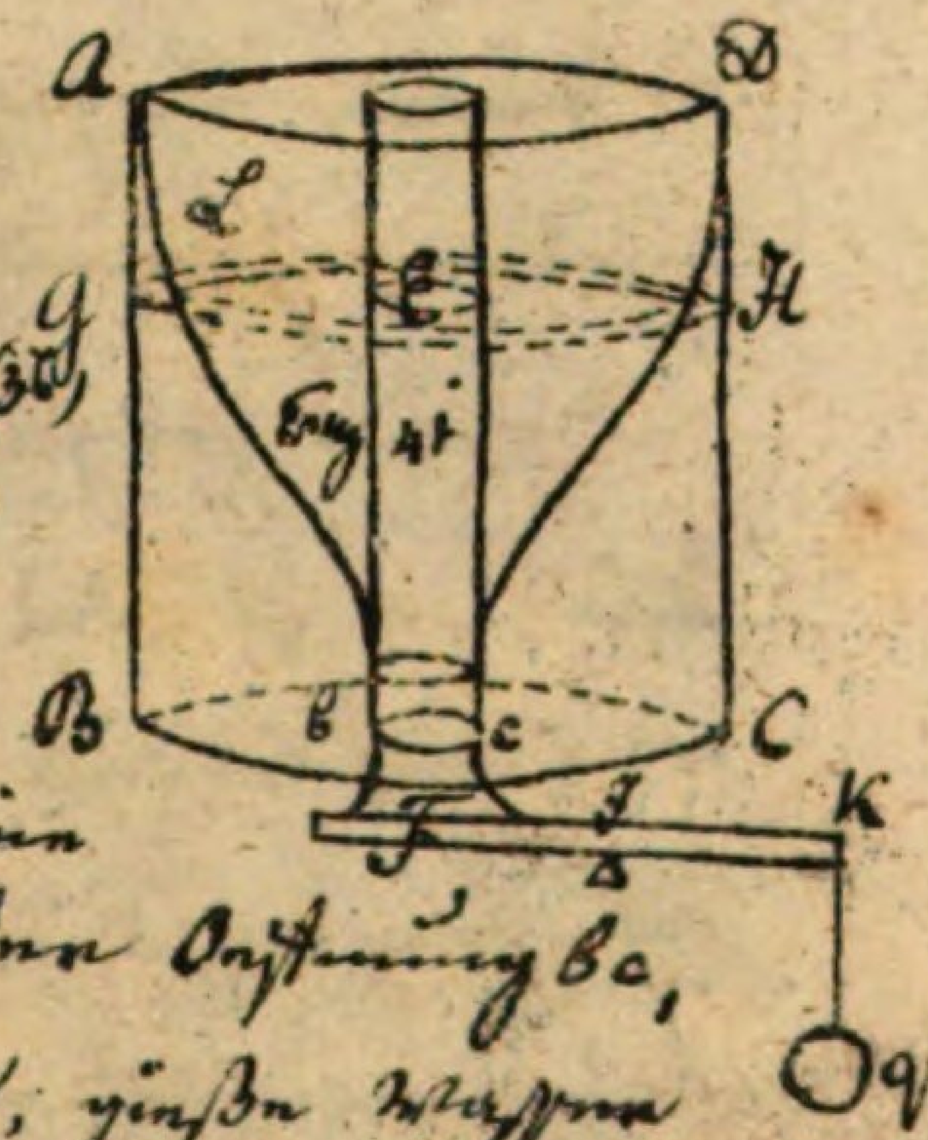


Fig 39

In einem gleichartigen Flüssigen wird der Druck desselben auf die
Bodenfläche eines Gefäßes nur allein aus der Höhe der darüber
stehenden Wassersäule bestimmt, es mögen nun die Wände
des Gefäßes unter sich parallel seyn, oder gleichförmig diver=
giren, oder convergiren, so bleibt der Druck bei gleicher Boden=
fläche und Höhe des Wassers immer derselbe.



Denn wenn sich die ganze Wassermenge ABCD in zwey gleiche Theile ABFE, und EFCD getheilet, so wird die Wassersäule EFCD nur auf CF drüken, und EF bloß die Stelle einer Seitenwand vertretten; gedenket man sich auch ABFE durch FA in zwey Theile getheilet, so wird der Druck auf FC in dem divergirenden Gefäße AFCD dadurch in nichts verändert; AFB mag flüssig oder fest seyn so kann AF die Stelle einer Seitenwand vertretten; eben so würde sich im Gewicht des Druckes auf FC nichts verändern, wenn der Theil der Wassermasse ABFG fest würde; es würde aber dann die Seitenwand FG mit FCD ein convergirendes Gefäß bilden, folglich ist der Druck auf FC in den drey Gefäßen EFCD, AFCD und GFCD gleich. Die Wahrheit dieses Satzes kann auch durch Versuche gezeigt werden.



Man nehme nämlich ein cylindrisches Gefäß ABCD an dessen Boden eine Oeffnung bc von 1" Durchmesser (30) ist, welche Oeffnung mit einem Korke, oder einem Ventil mittelst des Hebels FK verschlossen gehalten wird; alsdann setze man gerade über die Oeffnung bc eine gläserne Röhre von gleichem Durchschnitte mit der Oeffnung bc, so daß außerhalb das Wasser nicht ausfließen könne; gieße Wasser in die Röhre, und bemerke an derselben die Höhe, zu welcher die Flüssigkeit gestiegen war, bis durch ihr Gewicht der Kork hinausgedrückt, oder das Ventil gehoben wird; darauf nehme man die Röhre ab, und man wird die Gefäße L, oder den großen Cylinder ABCD wieder bis zu eben der Höhe mit Wasser anfüllen müssen, bis der eben so stark angesteckte Kork, oder das Ventil F geöffnet werden. Hat das Gefäß eine Neigung gegen den Horizont, und liegen deswegen die Theile des Flüssigen nicht senkrecht über der Basis, so ist der Druck des Flüssigen wie die entgegesetzten Gewalt der Körper auf

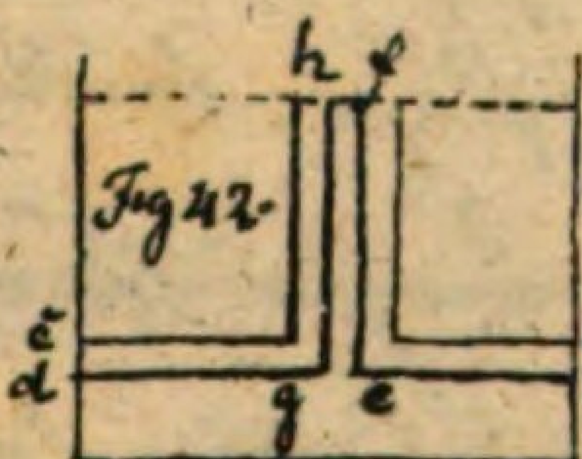
der geneigten Ebene mithin ebenmals wie die Höhe der Ebene dividirt durch die Länge.

Der Druck auf den Boden steht daher immer im Verhältniß mit dem Flächeninhalt des Bodens und der Höhe des Wassers; denn, da er, näml. in den drey Arten von Gefäßen wie angezeigt worden ist, bei gleicher Höhe und gleichem Boden gleich ist, so kann er nur von denselben Größen abhängen, welche in allen dreyen gleich sind; nämlich von der Größe des Bodens, und der Höhe des Wassers.

Man muß hier den absoluten Druck, nämlich das Gewicht der Wasser=menge von ihrem Bodendruck wohl unterscheiden, der erstere ist immer gleich dem ganzen Gewicht der ganzen Wassermasse, folglich bei gleichem Boden am größten in dem dicker gerundeten Gefäße; Letzterer aber kann sowohl größer als kleiner als jener seyn; ja er sogar in einem ungeheueren Verhältnisse übersteigen, wenn über einer weiten Grundfläche sich ein dünner Strahl erhebt. Wägt man jedoch ein solches Gefäß mit der in demselben enthaltenen Flüssig=keit, so ist das Gewicht des einen und der andern einzig was gefunden wird, und der Druck welchen der Boden erlei=det, so groß er auch immer seyn mag trägt zu der Vermehrung des Gewichtes nicht das mindeste bei; dieses rühret davon her, daß er im ganzen Systeme durch Druck in entgegengesetzter Richtung auf anderen Theile der Seitenwände aufgehoben wird.

Man hat von diesem Princip eine sehr sinnreiche Anwendung zur Verfertigung hydraulischer Pressen gemacht. Bei diesen pflanzt sich der Druck welcher vermittelst eines Hebels auf die ebene Fläche eines Wasserstrahles hervorgebracht wird mit seiner ganzen Kraft auf alle Punkte einer ausgedehnteren Ober=fläche fort, und vermehrt sich also im Verhältniß der größeren Fläche.

Aus dem Satze, daß der Druck der Flüssigen bei gleicher Basis sich nicht
nach der Menge der Theilchen, sondern nur nach der Höhe richte,
ergibt sich die wichtige Folgerung, daß, wenn eine tropfbarflüssige
Masse im Gleichgewichte ist, und man denkt sich im Innern
derselben einen Kanal von jeder beliebigen Gestalt, begränzt
von dichten Seitenwänden, und an seinen Enden verschlossen, oder
in sich selbst zurückkehrend, so werden die kleinsten Theilchen der
Flüssigkeit welche in diesem Canale enthalten sind, ebenfalls für
sich vermöge der auf sie wirkenden Kräfte, und der
Gegenwirkungen die sie von den Seitenwänden erfahren, im
Gleichgewichte seyn. — Betrachten wir auf der Seitenwand eines
Gefäßes ein kleines Element ab, welches in einer gewissen Tiefe liegt.
Durch dasselbe führe man einen kleinen wagrechten



Kanal bc, der sich sodann in eine senkrechte Richtung ef
krümmt, und sich in der freyen Oberfläche f endiget. Das
Element ab welches als der Boden dieses Canals betrachtet
werden kann, wird demnach einen senkrechten Druck aushalten
welcher dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, die ab zur Grund-
fläche, und ef zur Höhe hat, und könnte es einer solchen Kraft
nicht widerstehen, so würde es weichen. — Die Entstehung dieser
Kraft veranlaßt daß dieselbe dem Gefäße wenn es aufgehangen
wäre, eine Bewegung nach der Richtung eb ertheilen
würde; man nimmt aber keine solche Bewegung wahr, der
Grund davon ist, weil stets ein entgegengesetztes Element cd, das
in derselben Tiefe wie ab liegt, ein gleiches Bestreben nach
entgegengesetzter Richtung äußert, so daß alle diese entgegen
gesetzten Bestrebungen im Umfange des Gefäßes sich einander
wechselweise aufheben. Würde aber die Seitenwand in einem

diesen Elemente wie ab durchbohrt, denn würde, da der Druck auf diesen Stelle von der Seitenwand des Gefäßes nicht getragen wird, der diesem entgegengesetzte Druck allein wirken, und durch sein Bestreben, das Gefäß und die Flüssigkeit nach der ihm eigenen Richtung zu treiben. – dieß bestättiget die Erfahrung gleichfalls und Daniel Bernoulli hatte sogar dieses Mittel vorgeschlagen um dadurch Schiffe in Bewegung zu setzen.

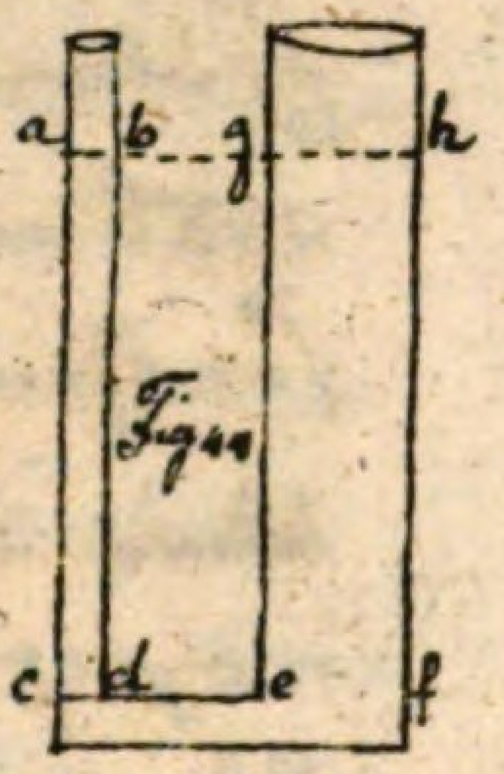


Fig 43

Gefäße welche so miteinander verbunden sind, daß ein flüssigen Körper aus dem einem in das andere frey übergehen kann heißen Comunizierende; dergleichen Gefäße können von durchaus gleichem, oder ungleichem Umfange seyn, beide können senkrecht, schief oder krum, gleich oder ungleichförmig seyn, so wird dennoch im Stande der Ruhe, oder des Gleichgewichtes des Flüssigen zu beiden Seiten gleich hoch seyn; denn der Druck auf was immer für einen Durchschnitt cd ist von beiden Seiten gleich; dieser stehet aber bei gleicher Basis nur im Verhältniß der Höhe, also sind auch die Höhen gleich.

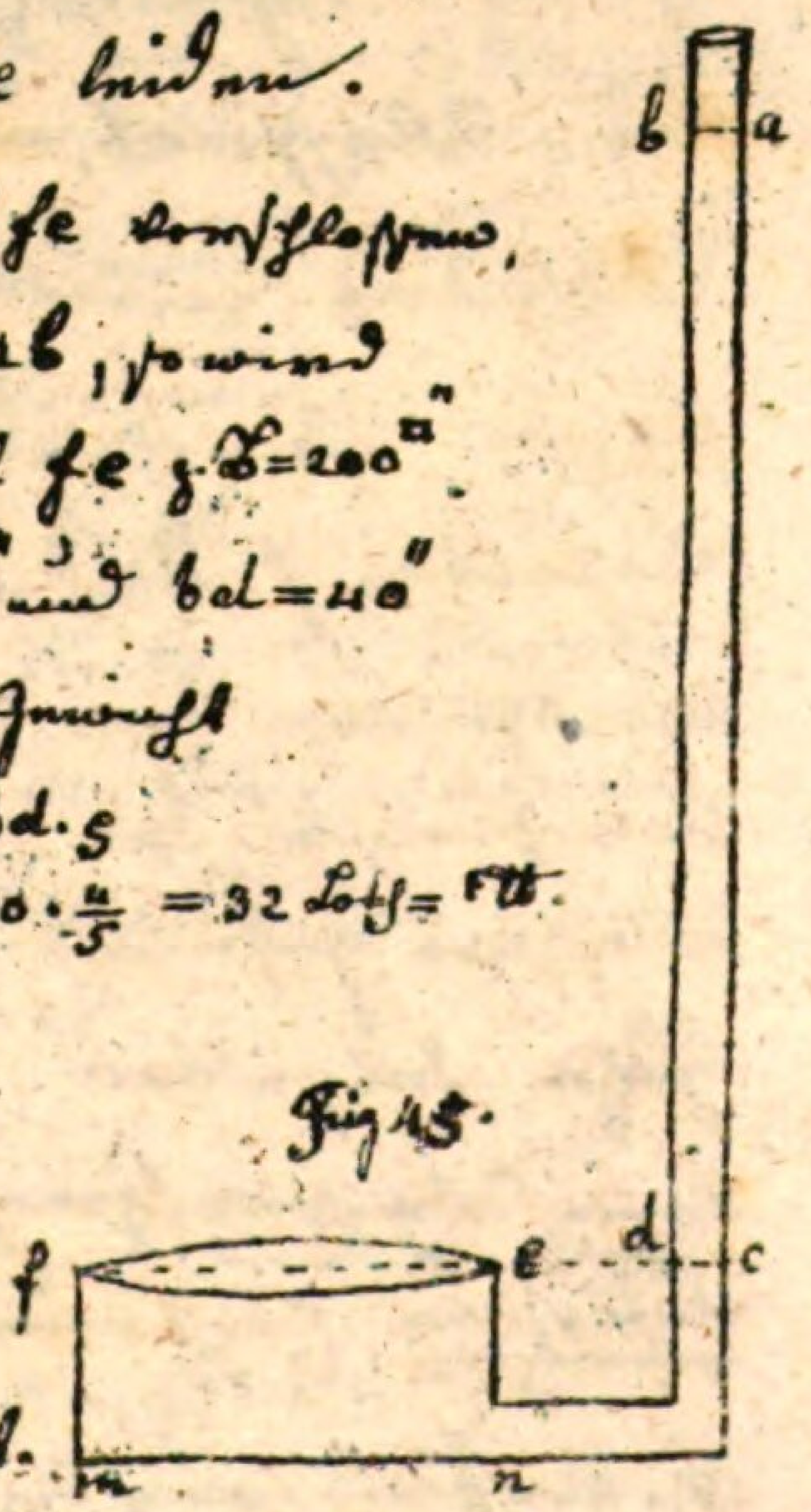
Wären die Wasserhöhen bd und hf an beiden Seiten sich nicht gleich, so wäre auch der Druck einerseits größer als anderseits, und folglich auch das Flüssige nicht in Ruhe, was doch voraus gesetzt worden ist.

Es ist nämlich wenn g das relative Gewicht des Wassers vorstellet, der Druck auf cd von oben = cd . bd . g, und der Druck auf eben diesen Durchschnitt cd von unten = cd . eg . g und daher weil das Flüssige in Ruhe ist cd . bd . g = cd . eg . g und wegen cd = cd und g = g auch bd = eg.



Aus gleichem Grunde, wenn was immer für eine rechtwinklichte oder schiefwinklichte gebogene Röhre, mit was immer für einer homogenen Flüssigkeit angefüllet wird, stehet dieselbe in einem Theile der Röhren so hoch als in dem andern, es mögen die Theile gleiche oder ungleiche Grundflächen haben; denn wenn die Theile von gleicher Weite und winkelrecht sind, so ist ohnedem klar daß die flüssige Materie wenn sie, wie dergestalt, zu beiden Seiten gleich hoch stehet, beiderseits gleiches Volumen, also gleiche Schweere habe, und folglich kein Theil den andern heben könne. Ist aber der Durchschnitt gh z.B. 4mal so groß als ab und das Flüssige setzt sich in gh um einen Zoll, so müßte es in ab um 4 Zolle steigen; Weil nun beiderseits gleiche Kraft erfordert wird, ob in ab 1 ℔ durch 4 Zolle, und in gh 4 ℔ durch 1 Zoll sollten bewegt werden, so kann wieder kein Theil den andern heben.

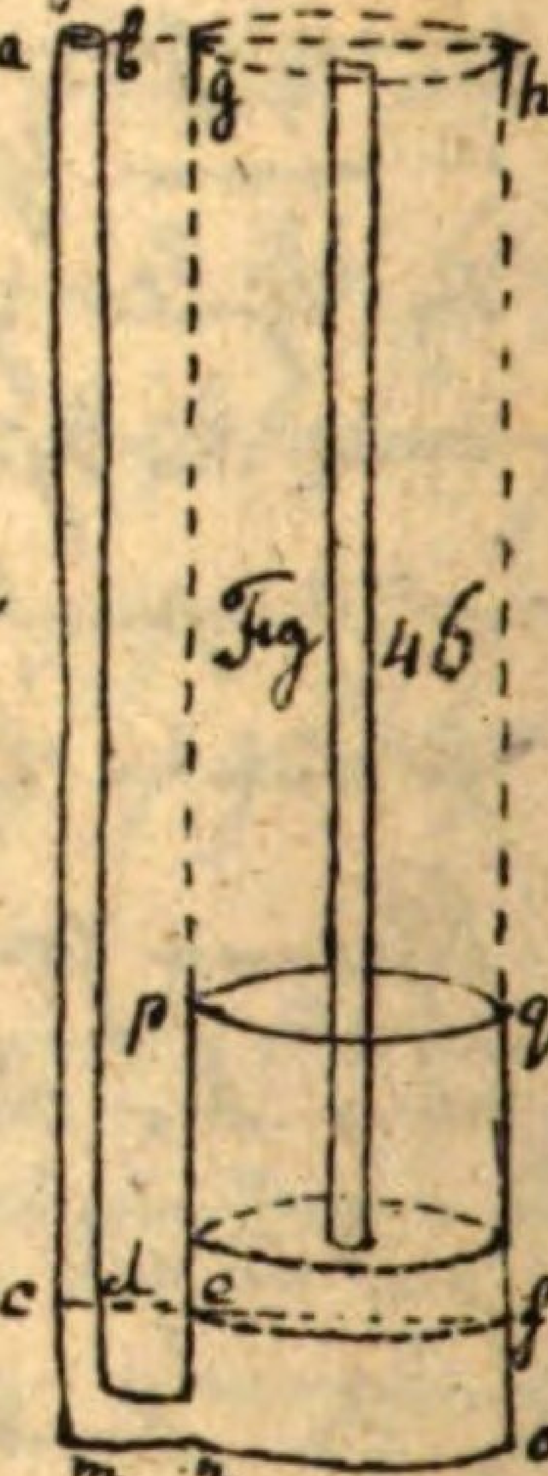
Ein kleiner Theil des Flüssigen kann sonach dem Gewichte einer großen Quantität das Gleichgewicht halten, denn die Theile bei cd leiden von abcd den nämlichen Druck als sie von ghfe leiden.



Ist das Gefäß etwa oben mit einem festen Deckel fe verschlossen, und in der Röhre abcd stehe das Wasser bis ab, so wird wenn die Grundfläche mn mithin auch der Deckel fe z.B. = 200 □″, der Durchschnitt der kreisrunden Öffnung ab = 1 □″ und bd = 40″ lang ist der Druck des Wassers auf de, das Gewicht eines Cubikzolls Wassers = $\frac{4}{5}$ Loth angenommen $= ab \cdot bd \cdot g$ $= 1 \cdot 40 \cdot \frac{4}{5} = 32$ Loth = 1 ℔.

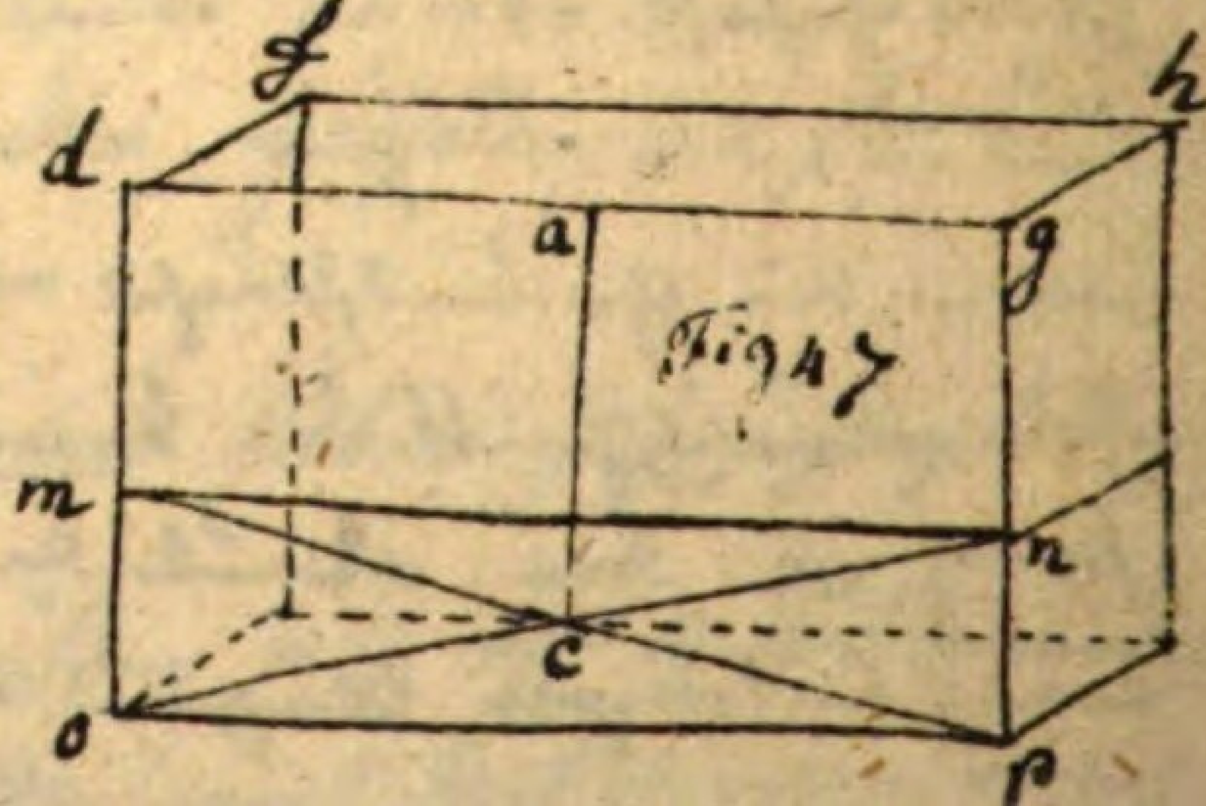
Es werden aber alle Theile im Horizontalen Durchschnitt cdef gleich stark gedrückt, und daher jeder gleich große Theil nämlich hier jeder Quadratzoll mit 1 ℔ gedrückt, mithin wird der Deckel ef des Gefäßes der 200 □″ Fläche hat mit 200 ℔ gedrückt.

Erübrigt also unter dieser Vorrichtung 32 Loth Wasser, einen Druck von 200 lb oder 2 Zentner = aus, und treiben den Deckel ef mit dieser Gewalt in die Höhe.



Wenn man daher unter den Kolben ef einen Ansatz nopq durch eine Röhre amn Wasser einläßt bis die Röhre amn selbst voll wird, so muß sich der Kolben ef in die Höhe heben wenn er gleich mit mehreren Zentnern beschweret ist, weil das Wasser in der Röhre abcd so stark drückt, als der ganze Cylinder efgh drücken würde.

Den Druck endlich welchen jeder beliebige Theil der Oberfläche eines Körpers im Wasser leidet, erhält man wenn man die Größe der gedrückten Fläche berechnet, ihren Schwerpunkt sucht, und die Fläche mit der Entfernung ihres Schwerpunktes von der horizontalen Oberfläche des Wassers, und noch mit dem eigentlichen Gewicht des Wassers multipliziret.



Aufgabe. Wie stark wird in dem Wasser Behälter f das untere Seitenbrett mnop von dem Wasser auswärts getrieben wenn der Behälter ganz mit Wasser gefüllet ist; die Länge des Brettes mn = 6', die Höhe desselben mo = 1', und die Tiefe ihres Schwerpunktes c unter dem Wasserspiegel nämlich ac = 4' ist.

Auflösung. Es ist nämlich dieser Druck $P = mn \cdot mo \cdot ac \cdot g$ das ist

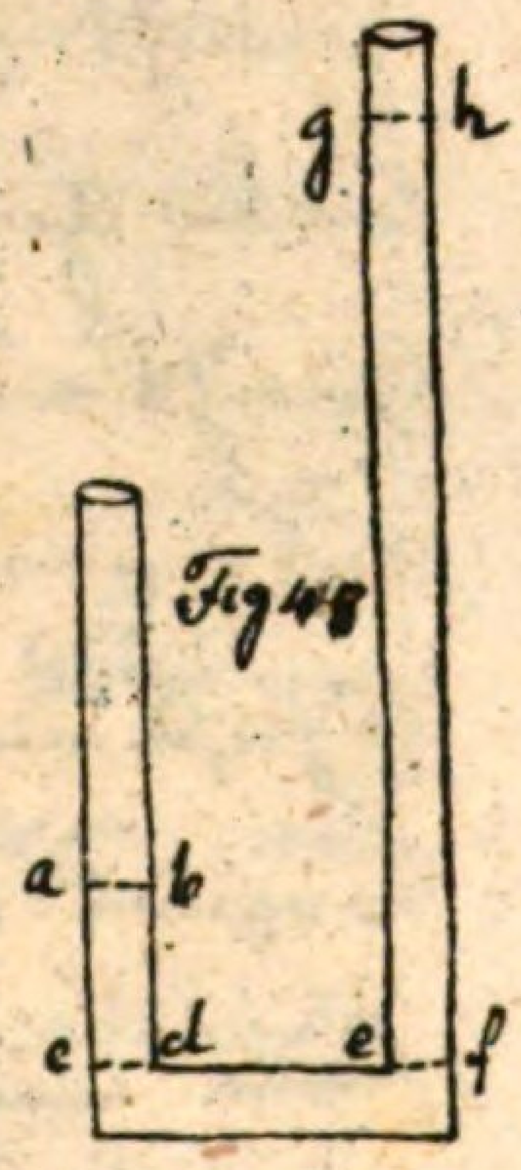
$$P = 6 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 44{,}4 = 1065{,}5 \text{ lb}.$$

Die Verklammerung dieses Brettes muß also wenigstens einem Drucke von 1065,5 lb widerstehen.

Verschiedene Flüssige welche sich miteinander nicht mischen, und verschiedene respektive Gewichte haben, legen sich nothwendig so aufeinander daß das respektive Schwerere immer den untern Platz einnimmt.

Wenn man in ein Glas Quecksilber, dann Oleum Tartari per deliquium dann Weingeist, endlich Oleum petrolium destillatum in gleichem Quantität gießet, so bleiben diese Flüssigkeiten weil sie von verschiedener Schwere sind, unvermengt, und stellen sich nach einiger Zeit, wenn sie auch unter einander geschüttelt worden, in der nämlichen Ordnung wieder her.

Sind aber solche Flüssige in communizirenden Gefäßen bei ihren respektiven Gewichte in Gleichgewicht, so verhalten sich ihre Höhen umgekehrt wie ihre respektiven Gewichte.



denn wenn in dem einen Schenkel acf Quecksilber, in dem anderen gh aber Wasser stünde, so würde die Communikationsröhre allererst mit Quecksilber gefüllet, und dieses mit sich selbst im Gleichgewichte seyn. — Wird nun hinauf in gf. Wasser zugegossen, so wird die Quecksilbersäule von cd senkrecht bis ab steigen, und auf beiden Seiten werden die Flüssigkeiten wieder in Ruhe, und ins Gleichgewicht kommen. — Wäre nun ef der Durchschnitt der beiden Flüssigkeiten so ist wenn A das respektive Gewicht des Quecksilbers, und g jenes des Wassers bedeutet, der Druck auf ef von Seite des Quecksilbers = ef. bd. A. — der Druck auf ef von Seite des Wassers = ef. eg. g. Nun ist, weil die beiden Flüssigkeiten als im Gleichgewichte vorausgesetzt sind der Druck auf ef von beiden Seiten gleich; also ist ef. bd. A = ef. eg. g oder wegen ef = ef.

bd. A = eg. g daraus

bd : eg = g : A. das heißt wie oben, im Stande des Gleichgewichtes verhalten sich die Höhen der Flüssigkeiten umgekehrt wie ihre respektiven Gewichte.

Gleichgewicht der tropfbar flüssigen Körper mit festen Körpern.

Das Gewicht eines Kubikfußes, Cubikzolles - gleichförmig dichten Körpers heißt sein absolutes Gewicht wie z. B. wenn man sagt: der Kubikfuß Wasser wiegt 44,4 ℔, oder der Kubikfuß Kupfer wiegt 342 ℔. - Nimmt man das absolute Gewicht des Wassers als Einheit an, und vergleicht damit die absoluten Gewichte anderer Körper, um zu sehen wievielmal dieser Körper schwerer oder geringer als das Wasser sey, so heißt dieses sein eigenthümliches, oder specifisches Gewicht - beide Gewichte sind sowohl unter sich als von dem absoluten Gewichte des Körpers zu unterscheiden, - denn das absolute Gewicht eines Körpers ist sein Gewicht ohne irgend eine Rücksicht auf seinen Rauminhalt.

Es heiße nun diese Gewichte zu bestimmen das absolute Gewicht des Körpers $= P$, sein Volumen $= V$; das absolute desselben $= A$. sein eigenthümliches Gewicht $= E$; das absolute Gewicht des Wassers $= g$ so ist wenn man noch das eigenthümliche Gewicht des Wassers $= 1$ annimmt.

woraus $A = \frac{P}{V}$ und dann $E = \frac{A}{g}$ oder $E = \frac{P}{Vg}$

Es wiege z. B. ein Klumpen Eisen 960 ℔ und dessen kubischer Inhalt sey $= 3$ Cubikfuß, so wird woraus das absolute Gewicht des Eisens, wenn man in die Formel statt $P = 960$ und statt $V = 3$ setzt $A = \frac{960}{3} = 320$ ℔, und somit das eigenthümliche Gewicht des Eisens $E = \frac{320}{44,4} = 7,2$ welches heißt dieser Körper ist 7,2 mal schwerer als ein gleiches Volumen Wasser.

Ein fester Körper der auf eine Flüssigkeit gelegt wird, wird derselbe vermöge seiner Schwere aus seiner Stelle verschieben, sich in dieselbe zu einem gewissen Teile eintauchen, und dann ruhen – dabei ist der eingetauchte Theil seiner Oberfläche als eine die Flüssigkeit begrenzende Wand anzusehen, die demselben Druck ausgesetzt ist, wie die flüssigen Theilchen die vorhin seine Stelle einnahmen; dieser Druck heißt der Auftrieb des Wassers, er wirkt in seiner Mittelkraft von unten nach oben, und zwar in einer Richtung welche durch den Schwerpunkt des verdrängten Wassers, und den des Körpers geht – das Gewicht des eingetauchten Körpers ist ebenfalls eine dem Gewichte dieses Körpers gleiche Kraft, welche an seinem Schwerpunkte angebracht ist, und ihre Richtung von oben nach unten hat; da ferner der Körper in Ruhe, folglich im Gleichgewicht angenommen worden ist, so sind sich die beiden Kräfte, das Gewicht des Körpers, und der Auftrieb des Wassers nicht nur allein beiderseits gleich, sondern ihre sich entgegengesetzten Richtungen liegen auch in einer und derselben geraden Linie, die durch den Mittelpunkt der Schwere des Körpers, und des aus der Stelle verdrängten Flüssigen geht.

Wären die Materie des festen Körpers nicht homogen, so würde der Auftrieb des Wassers durch den Schwerpunkt des aus der Stelle verdrängten Wassers

gehen, der Schwerpunkt des Körpers sich zwar anfangs mehr nach der Seite hinneigen, sich aber so lange abwärts drehen bis wieder beide Mittelpunkte der Schwere in einerley Vertikallinie zu stehen kommen. Zwar könnte auch zur Noth das Gleichgewicht statt finden, wenn der Schwerpunkt der festen Masse sich gerade über dem Schwerpunkt der flüssigen befände; indem auch ebenfalls die Richtungen der Schwere, und des Auftriebes sich in derselben Vertikallinie gerade entgegengesetzt wären; aber der Körper würde sich schwerlich in dieser Lage erhalten können, denn die geringste Bewegung würde den Schwerpunkt des festen Körpers der hier höher als der Unterstützungspunkt des flüssigen liegt seitwärts, und so in die vorige Lage unter dieser versetzen. — Diese Drehung hat übrigens mit dem Sinken und Steigen des Körpers nichts gemein und geschieht während der Körper vermöge seiner mittleren spezifischen Schwere entweder an seinem Orte verbleibt steigt oder sinkt.

Wenn ein fester Körper in einem flüssigen sich befindet, so wird er in demselben mit einer Kraft, welche gleich dem Gewichte des aus der Stelle getriebenen flüssigen ist. aufwärts gedrückt. —

Denn es sey ABCD ein ins Wasser versenkter Körper so ist der Druck des Wassers auf denselben von oben abwärts gleich dem Gewichte der Wassersäule EADF. welche auf

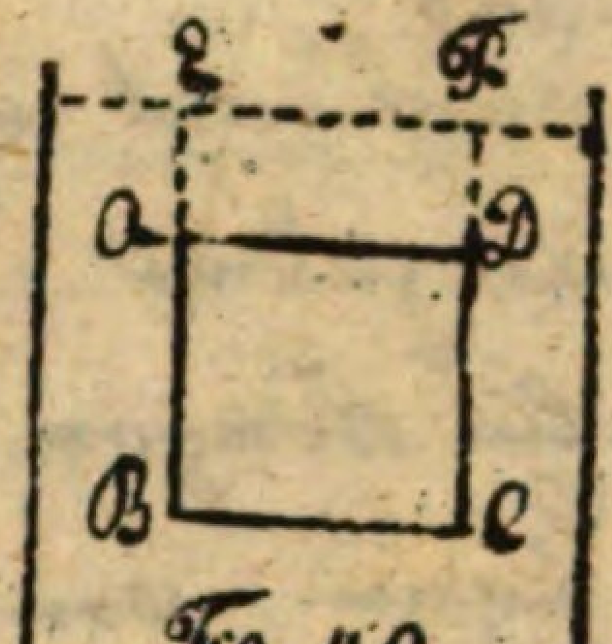


Fig 49

denselben stehet, den Druck aber welchen der
Körper in BC aufwärts erleidet ist gleich dem
Gewichte der Wassersäule EBCD; ziehet man
von diesem letzten Drucke den ersten ab, so
verbleibt für den Druck aufwärts die
Wassersäule ABCD, die von dem versenkten Körper aus
ihrer Stelle gedrängt worden ist. – Es verliert also der
Körper in dem Flüssigen von seinem Gewichte so viel
als das Flüssige unter seinem Raumesinhalte wiegt.
Aus dieser Wahrheit fließen alle Gesetze für das Gleichge=
wicht fester Körper welche in Flüssige eingetaucht sind
oder auf ihrer Oberfläche schwimmen.

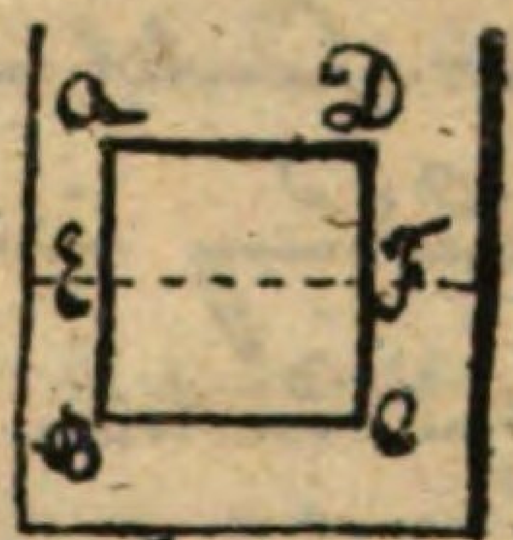


Fig. 50

Ein schwimmender Körper ABCD taucht sich nun
so tief ein bis das Gewicht des vertriebenen
Wassers EBCF gleich dem Gewichte des ganzen
Körpers ist; denn der bis EF eingetauchte Körper hält nur
dem Auftriebe des Wassers das Gleichgewicht,
Wasser im Raume EBCF würde dasselbe thun, also
ist wahr, daß der Druck des Körpers ABCD so groß
ist, als der Druck des Wassers EBCF welches er aus
der Stelle vertreibt. Ein Körper also der unter
einem gegebenen Raumumfang weniger wiegt als
gleichviel Wasser wird ins Wasser getaucht seine gan=
ze Gewicht verlieren, auch sich nicht ganz eintauchen sondern
schwimmen. – Ein mit dem Flüssigen gleich schwerer Körper.

verliert in demselben gleichsam alle Schwere, und ruhet an jeder Stelle.

Ein Körper verliert mehr von seiner Schwere in einer flüssigen von schwerer als von leichterer Art; denn ein Kubikzoll Bley verliert im Wasser oder Wein, was ein Kubikzoll Wasser oder Wein wiegt, wenn nun der Wein leichter ist als das Wasser; so muß das Bley an seinem Gewichte mehr im Wasser als im Wein verlieren; daher bleiben zwey Körper von einerley Schwere nicht im wagrechten Stand wenn sie in Flüssige von verschiedener Schwere versenkt werden; daher sinken die Schiffe bei einerley Ladung im süssen Wasser tiefer, als im Meerwasser Ein unter Wasser ins Gleichgewicht gebrachter Körper sinkt im Weingeiste und steigt im Salzwasser.

Hängt man einen Kubikzoll Bley in Wein z. B. und merket wieviel er von seiner Schwere verliert, so weiß man wieviel ein Kubikzoll von diesem Wein wiegt. Hierdurch läßt sich auch die innere Aushöhlung des Gefäßes der gläsernen Flasche z. B. in Kubikzollen angeben, man muß zu dieser Absicht sowohl das leere, als auch das mit dem Flüssigen angefüllte Gefäß genau abwägen so gibt ihr Unterschied das Gewicht des Flüssigen welches die auszumessende Aushöhlung genau ausfüllet; dieses sodann durch das Gewicht eines Kubikzolles desselben Flüssigen dividirt den gesuchten Kubik Inhalt in Kubikzollen gibt.

heißt allgemein das absolute Gewicht eines Körpers = P, dessen Volumen oder Raumesinhalt = V das entsprechende Gewicht des Flüssigen = g so ist das Gewicht welches er verliert wenn er unter das Flüssige getaucht wird = Vg und somit seine Schwimmkraft K = Vg − P.

Ein Körper der 222 ℔ wiegt kann auch 222 ℔ Flüssiges aus seiner Stelle treiben, wiegt nun der Kubikfuß des Flüssigen 44,4 ℔. so würde er sich $\frac{222}{44,4}$ = 5 Kubikfuß eintauchen, ist nun das Volumen V des Körpers größer als 5 Cubikfuß so wird derselbe schwimmen — ist dessen Volumen kleiner als 5 Cub.f. so wird derselbe sinken, ist V = 5 C' so wird er in jeder Stelle ruhen.

Je größer das Volumen eines Körpers bei demselben Gewichte ist, mit desto mehr Kraft wird dieser Körper von dem Flüssigen in die Höhe gedrückt. Daher können auch Körper z. B. Metalle, welche für sich in dem Flüssigen untergehen durch Vergrößerung ihres Umfanges zum Schwimmen gebracht werden:

10 ℔ Kupfer zu einer hohlen Kugel ausgearbeitet, werden auf dem Wasser schwimmen, wenn der körperliche Inhalt der Kugel etwas größer als $\frac{10}{44,4}$ Cubikfuß ist, oder wenn die 10 pfündige Kugel $\frac{4}{5}$ Fuß im Durchmesser hat, für welchen Fall ihre Schwimmkraft.

$K = \frac{\left(\frac{4}{5}\right)^3 \cdot 3,14}{6} \cdot 44,4 - 10$, das ist $K = 11,85 - 10 = 1,85$ ℔.

Auch ohne Ausarbeitung in eine hohle Kugel, oder andere hohle Figur kann der Körper zum Schwimmen gebracht werden, wenn man damit einen specifisch leichteren Körper z. B. Blasen, Holz, Schilf, Kork u. d. gl. in Verbindung bringt

Die mathematische Berechnung gibt daß 12 ℔ Korkholz zu einem Schwimmgürtel zubereitet mehr als hinreichend sind, um einen Menschen von mittlerer Größe eben so sicher über Wasser schwimmend zu erhalten als wie ein gleich großes Stück Buchenholz.

Gleichgewicht der elastischen Flüssigkeiten.

Unter die elastischen Flüssigkeiten rechnet man die Luft und alle Gasarten diese unterscheiden sich von den tropfbar flüssigen durch zwei wesentliche Kennzeichen, durch ihre ausgezeichnete Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit, durch die erste dieser Eigenschaften streben sie in dem ganzen oder begränzten Raum in welchem sie sich befinden ohne Unterlaß sich auszudehnen gleich als ob zwischen ihren Theilchen sich eine zurückstoßende Thätigkeit befände, welche sie bestimmt sich wechselseitig zu fliehen, in ihrer 2ten Eigenschaft lassen sich die elastisch flüssigen mittelst einer äußern Kraft zusammen drücken; aber die Möglichkeit der Annäherung der Theilchen geht höchst wahrscheinlich nicht ins Unendliche; denn sie müßte nothwendig aufhören, wenn die gasförmigen Theilchen bis zur Berührung einander genähert wären. Uebrigens sind die elastischen Flüssigkeiten entweder ganz permanent elastisch flüssig, d.i. solche Substanzen denen die ausdehnbare Form so eigen ist, daß sich dieselben gegen alle Kunst und jeden Druck und jede Veränderung der Temperatur in ihrer Individualität

behaupten, und durch keine Kraft in den tropfbar flüssigen Zustand reduziert werden können; dergleichen die Luft und mehrere Gasarten; oder nicht permanent elastisch flüssig, als die Dünste und Dämpfe die durch Erniedrigung der Temperatur wie=der in den tropfbar flüssigen Zustand zurückkehren, und so andere flüssige Substanzen, die nur so lange als Gasarten bestehen können, solange dieselben innig mit Wärmestoff verbunden sind; in welchem Zustande ihr Bestreben sich auszudehnen und ihre Dichte mit jenen Graden der Temperatur denen sie ausgesetzt sind, verhältnißmäßig ist.

Von der atmosphärischen Luft insbesondere.

Wenn wir die atmosphärische Luft in ihrem Wesen betrachten so ist sie ein flüssiges Gemenge von einer grossen Quantität fremder Substanzen, welche von der Erde in die Luft auf=steigen, dergleichen von Flüssigkeiten aller Art die sich erst bis zur trocknen verdünsten, sie bestehet aus Theilchen die beständig unsern Geruch affizieren, und die Substanzen verlassen die sie ausschicken, aus Theilchen die bei dem Verbrennen der Körper in Flamme und Rauch aufgehen, mit einem Worte aus allem, was in Dunst oder Dampf von den Wässern den Thieren, den Pflanzen, und der todten unorganischen Natur von der Erde in die Atmosphäre übergehet, soviel ist sie eine mit Wärme, Licht, elektrischen Fluidum, Dünsten und Dämpfen jeder Art geschwängerte Flüssigkeit, die auch, wie jede andere materielle Wesen den Gesetzen der Schwere unterworfen ist.

Die ausdehnbaren Stoffe welche als Theile der irdischen Materie in die Atmosphäre übergehen, können als zur Erde gehörig sich nicht dem Gebiethe der Schwere entziehen, sondern das ganze Gemenge vertheilet sich wegen seiner ungehinderten Ausdehnbarkeit, und der leichtesten Verschiebbarkeit der Theilchen unter und übereinander zu einem homogenen Ganzen so wie Luft nennen, und dessen Bestandtheile aller Orten in demselben Verhältniße als Stickstoff und Sauerstoff modificirt sich vorfinden, die nur durch die verhältnißmäßig größere Ausdehnung am Volumen verschieden seyn können und zwar so daß im Mittel auf 100 Theile 79 Stickstoff und 21 Sauerstoff sich ergeben.

Übrigens ist die Luft durchsichtig, in kleinen Massen farbenlos, in größeren blau, materiel und wägbar; ein mit Luft gefülltes Ballon wiegt mehr als ein luftleerer. Die Luft ist 800 mal leichter als Wasser, so daß ein Cubikzoll Luft ungefähr nur 0,247 Gran, oder der Cubikfuß im Durchschnitt 1,776 baier. Loth wiegt. Nimmt man das Gewicht eines Cubikfußes atmosphärischer Luft als 1 an so ist das Gewicht eines Cubikfußes Wasserdünste = 0,623. Eine mit Dünsten geschwängerte atmosphärische Luft ist demnach viel leichter als ein gleiches Volumen trockner Luft; übrigens sind die Theilchen der Atmosphäre

in einer beständigen Bewegung, durch die Hitze die sie verdünnt durch die Kälte die sie verdichtet, durch die Winde unter welchen sie in Bewegung ist. 1000 Cubikzoll Luft bis 100° C. erwärmt dehnt sich zu einem Raum von 3756 Cubikzollen aus, so daß für jeden Thermometergrad C. ein Volumen sich bis auf 1,0375 ausdehnt.
Wenn man die Luft sehr stark und schnell zusammendrückt, wird eine große Menge Wärme, auch Licht frei, so wie bei allen Gasarten welche Sauerstoff enthalten – Hierher gehören jene Feuerzeuge bei welchen durch die Compression der Luft der Schwamm entzündet wird — Die Luft bricht auch das Licht. Ein schwarz angestrichenes und längere Zeit den Sonnenstrahlen ausgesetztes Brett daß sich erwärmt, hat die Eigenschaft, daß, wenn man die Gegenstände nach der Fläche des Brettes hin betrachtet, dieselben umgekehrt erscheinen; indem durch die Wärme die über dem Brette befindliche Luftschicht mehr ausgedehnt wird, wodurch eine Vibration der Luftschichte, und Brechung des Lichtes vor sich geht. – Die Luft dient auch verschiedenen Pigmenten eine lebhaftere Farbe zu geben, sie dient zum trocknen vieler Körper, zur Extraktion des Salzes aus den Salinen, und ihre Elastizität dient als Kraft um einzelne Effekte zu bewirken.

Die Elastizität der Luft kann niemals null seyn, so gering auch die Dichte derselben angenommen werden mag: Es muß jedoch auch eine Ursache da seyn, warum die Ausdehnung der Luft ihre Gränzen hat; vielleicht verändert der außerordentliche Grad von Kälte welcher in den höheren Regionen der Atmosphäre herrscht die Beschaffenheit der höheren Schichten so, daß ihr Hang zur Ausdehnung dadurch aufgehoben wird – so wie andererseits Dünste und Dämpfe denen die ausdehnbare Form eine bedingungsweise eigene ist, und welche wenn die Bedingung die Erhöhung der Temperatur aufhört selbst wieder in die tropfbar flüssige Form zurückkehren.

Die Wärme verstärkt die Elastizität der Luft. – Hat die erwärmte Luft Raum sich auszubreiten, so überwindet sie den Druck der kalten, und dehnt sich so lange aus, bis ihre Dichtigkeit in dem Maße geringer wird, als durch Wärme ihre Elastizität gewachsen ist. – Werden zwey Räume A und B mit einander in Verbindung gesetzt, bei welchen in dem einen A die Luft elastischer ist, als in dem andern B, so wird aus A so viel Luft in B überströmen, bis die Luft in beiden einerley Elastizität hat; denn früher können Druck, und Gegendruck sich nicht gleich, also auch keine Ruhe seyn. –

Die Elastizität der Luft wird auch durch die Feuchtigkeit geändert und zwar wird dieselbe von der völligen Trockenheit zur völligen Nässe um $\frac{1}{790}$ verstärkt, auch ändert sich dieselbe durch Mischung mit andern Gasarten.

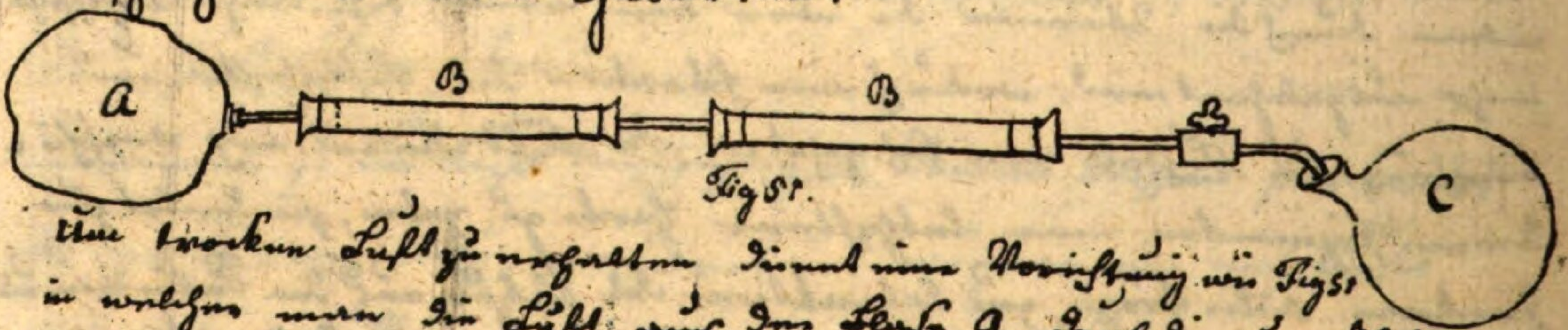


Fig 51.

Um trockene Luft zu erhalten dient eine Vorrichtung wie Fig. 51. in welcher man die Luft aus der Flasche A durch die zum Theil mit Salzen gefüllten Röhren B, B, in den Ballon C streichen läßt der zu diesem Endzweck schon luftleer gemacht worden ist. Auf dem Durchgange durch die Röhren absorbiren die Salze die Feuchtigkeit aus der Luft, wiegt man nun den Ballon samt der darin enthaltenen Luft auf einer sehr empfindlichen Wage, so wird der Ueberschuß des Gewichtes über das Gewicht des leeren Ballons jenes der trockenen Luft unter demselben Raumesinhalt der innern Aushöhlung des Ballons geben. – In jeder Luft wenn sie auch noch so trocken zu seyn scheint, befinden sich Wasserdünste. Denn verschließt man in einer Flasche Eis und Salz so überzieht sich die

Flasche außerhalb mit Reif.

Aus der Hypothese daß die Atmosphäre von der Erde angezogen werde muß jede höhere Schichte derselben lockerer seyn und endlich ihr Druck ganz aufhören — Die Höhe des Luftkreises welcher die Erde umgibt kann in 3. verschiedenen Luftgegenden oder Regionen gedacht werden, in die untere worin sich die gewöhnlichen wässerigen und feurigen Erscheinungen ereignen, und diese wird sich nicht über 2 deutsche Meilen über die Erdfläche erstrecken, in die 2te, wo feinere Dünste schweben, und die noch durch ihre Wirkung durch die Brechung der Lichtstrahlen erkennbar ist; und in die 3te, nämlich in die oberste Region, wo eine weit dünnere und reinere Luft vorhanden ist und deren Gränze wohl nicht ganz genau bestimmt werden kann —

Wenn die Luft in Ruhe, folglich mit sich selbst im Gleichgewicht ist, so muß ihre äußerste Gränze horizontal d. i. überall gleichweit von dem Mittelpunkte der Erde abstehen, und daher eine Kugelfläche ohne irgend einer Erhabenheit bilden — denn wären da Erhabenheiten so müßten vermöge ihrer Schwere die höheren Theile über diese Erhabenheiten herab gleiten, und so lange nicht in Ruhe seyn, bis überall das Gleichgewicht hergestellt ist.

Wenn eine elastische und schwere Flüssigkeit in Ruhe ist, und man stellt sich vor sie bestehend aus lauter horizontalen übereinander liegenden Schichten so kann jede Schichte für sich selbst betrachtet von einförmiger Dichtigkeit oder von einerley spezifischer Schwere angenommen werden; es wird dabei die erste und unterste Schichte von den 2ten über ihr liegenden nach Verhältniß ihres Gewichtes gedrückt oder zusammen gepreßt, und dieß allen Orten gleichstark, folglich verliert die untere Schichte am Volumen, nicht aber an ihrer Masse

sie nimt folglich an Dichtigkeit zu, und drückt eben so stark entgegen als sie selbst gedrückt wird. Die dritte Schichte drückt durch ihr Gewicht die beiden untern, folglich wird die erste noch mehr zusammen gedrückt, und so wird jede Schichte von allen über ihr liegenden zusammengedrückt, und eben so stark drückt sie auch entgegen, nur die obern Schicht allein behält ihre natürliche Ausdehnung, also drückt auch die Luft so wie das Wasser nach Verhältniß ihrer Höhe, und wegen ihres flüssigen Zustandes auch nach allen Seiten gleich stark; auch wird in derselben ein Körper von seinem Gewichte eben so viel verlieren als die Luft unter demselben Raumsinhalte wiegt.

Denkt man sich ähnlich wie bey tropfbaren flüssigen :/ durch die ganze Atmosphäre von ihrer obersten Schichte bis an die unterste einen Luft Canal das an seinem Boden verstopft ist, so werden die untersten Schichten den meisten, und der Boden den ganzen Druck der über ihn liegenden Luftsäule auszuhalten haben – Man sieht diesen Druck deutlich wenn man auf den Teller der Luftpumpe einen metallenen Cylinder setzet, dessen oberstes Ende mit einer Blase verbunden ist. und unter demselben die Luft ausgepumpt, denn die Blase wird sich zerreißen – wo im Gegentheil eine mit etwas Luft gefüllte Blase sich ausdehnt wenn selbe in luftleeren Raum gebracht wird.

Der Druck der atmosphärischen Luft wird durch das Steigen und Fallen einer Quecksilbersäule in einer gläsernen Rohre :/ dem Barometer :/ gemessen – Die Bedingungen unter welchen ein brauchbar seyn kann, sind Reinheit des Quecksilbers, luftleerer Raum über dem Quecksilber, Unveränderlichkeit oder Compensation des Niveau, und eine genaue Eintheilung der Scala nach Zollen und Linien

Dieses Instrument gibt den Druk der Luftsäule welche bis an die Gränzen der Atmosphäre reicht gleich einer Quecksilbersäule von 28" – oder da Quecksilber 13,598 mal schwerer ist als gleich=viel Wasser, einen Druk der mit einer Wassersäule von 31,7 Fuß im Gleichgewicht stehet, wenn die Station an der Oberfläche des Meers genommen wird.

Da die Dichtigkeit der Luft im Verhältniß der zusammendrükenden Luft stehet, so muß auch die Dichtigkeit derselben in den höhern Regionen abnehmen, aber auch für jede Schichte in welcher Ruhe oder Gleichgewicht herrscht, muß ebenso die ausdehnende Kraft der zusammendrükenden Luft gleich seyn, denn im Zustande des Gleichgewichts kann der zusammendrükenden Gewalt nur eine gleiche entgegengesetzte die Wage halten, die Elasti=zität der Luft nämlich, oder die Kraft sich auszudehnen – also muß auch die Luft desto elastischer seyn je dichter sie ist – daher auch das Gesetz daß die Kraft der Elastizität der atmosphärischen Luft und der Gasarten überhaupt, sich eben so verhalte wie die Kraft mit der sie zusammengedrükt sind, und die Compression der Luft und Gasarten endlich hat nur die Stärke der Gefäße zu ihrer Gränze.

Die atmosphärische Luft erscheint uns immer als vollkommen elastisch, sie strebt sich wenn sie auch viel und immer für einen Grad der Dichte condensirt würde, nach Aufhebung des Drukes in ihren vorigen Raum wieder her ohne das geringste an ihrer ausdeh=nenden Kraft durch die Länge und Größe des Drukes gelitten zu haben.

Eine durch eine Gasart ausgedehnte Blase bleibt bei einerley Temperatur unverändert in derselben Größe, und eine mit Luft gela=dene Windbüchse wirkt nach vielen Jahren noch eben so stark als gleich anfangs.

Auch alle Gasarten dehnen sich so wie die Luft sowohl durch Wärme als durch Aufhebung des Druckes aus – füllt man . . eine Blase nur zum Theil mit Luft, oder einem Gasart, und erwärmt dieselbe, so wird die Blase aufschwellen — Von dem letztern kann man sich überzeugen wenn man aus der Glocke C die Luft auspumpet, so werden die Flüssigkeiten in den Röhren D und E sinken, und die Gasarten A und B in denselben können sich ausdehnen – die Flüssigkeiten in den Röhren würden auch sinken, wenn selbst die Räume ober ihnen A u. B luftleer sind – Hieraus wird denn klar, daß der Druck der Luft allein das Quecksilber in den Röhren erhebt, und dieser Druck abnimt sobald die Luft verdünnt wird. –

Fig. 32



Zu einer comprimirten Luft ist auch der Schall viel stärker als in gewöhnlicher, und in der verdünnten Luft ist derselbe kaum hörbar – um sich davon zu überzeugen darf man nur ein Schlagwerk unter die Glocke bringen, und in derselben wechselweise die Luft verdichten, und verdünnen.

Die Luft drückt im Verhältniß der Menge seiner Theile auf den Boden auf welchem sie ruhet, es ist also der gesamte Druck derselben gleich dem Gewichte der gesamten aufliegenden Massen – je höher also die aufliegende Luft ist, desto größer ist auch ihr Gewicht oder Druck.

Nach der schon gegebenen Formel ist allgemein der Druck eines Flüssigen gegen eine ebene Fläche $P = BHg$. Der Druck der Atmosphäre auf einen Quadratfuß Fläche z. B. steht mit einem

Quecksilbersäule die ebenfalls 1□' zur Grundfläche und 28" oder $2\frac{1}{3}'$ zur Höhe hat im Gleichgewicht; daher wenn man in die obige Formel $B = 1'$ $H = 2\frac{1}{3}'$ und das Gewicht eines Kubikfußes Quecksilber $A = 594$ ℔ setzt, so erhält den Druck den die Luft auf einen Quadratfuß Fläche ausübt

$$P = 1 \cdot 2\tfrac{1}{3} \cdot 594 = 1386 \text{ ℔}$$

. und auf einen Quadratzoll wird $P = 9$ ℔ 20 Lth. daher wenn die gedrückte Fläche ein Quadratfuß ist, muß jede Linie die das Quecksilber über oder unter 28" steht eine Veränderung im Drucke von $4\frac{1}{8}$ ℔, und wenn die gedrückte Fläche ein Quadratzoll ist eine Veränderung von $\frac{9\frac{5}{8}\text{ ℔}}{28 \cdot 12} = \frac{308}{336}$ Loth $= 0{,}9$ Loth ungefähr betragen.

Die gleichförmige Bewegung

Wenn sich zwey Körper zu gleicher Zeit in Bewegung setzen, und zwar von einem und demselben Orte aus, so werden sich beide Körper entweder immer gleich weit von dem Orte befinden von welchem sie ihre Bewegung angefangen haben, oder sie gelangen gleichzeitig zu verschiedenen Entfernungen, im ersten Falle haben die Körper gleiche, im zweiten ungleiche Geschwindigkeiten.

Ein Körper bewegt sich geschwinder als ein anderer wenn er sich entweder durch einerley Raum in kürzerer Zeit, oder durch einen größeren Raum in eben der Zeit hindurch bewegt, die Geschwindigkeit eines Körpers ist also eine von dem hinterlegten Raume und der Zeit der Bewegung abhängige Größe. Ist nämlich der zurückgelegte Weg $= S$, die Zeit der Bewegung $= T$ Sekunden, so wird die Geschwindigkeit dieses Körpers $C = \frac{S}{T}$ seyn. das heißt. Man erhält die Geschwindigkeit eines Körpers wenn man seinen zurückgelegten Weg durch die

Anzahl Sekunden welche während seiner Bewegung verfließen dividirt. Die Bewegung des Körpers heißt sodann eine gleichförmige wenn derselbe während der ganzen Zeit der Bewegung immer dieselbe Geschwindigkeit beibehält, so daß in gleichen Zeiten auch immer gleiche Räume zurückgelegt werden.

Eben so wie für diesen Körper, ist auch für einen andern, dessen Geschwindigkeit $= c$, Zeit der Bewegung $= t$ Sekunden, und zurückgelegte Weg $= s$ Fuß beträgt; $c = \frac{s}{t}$.

Vergleicht man beide Bewegungen mit einander so hat man die Proportion $C : c = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$ d.h. die Geschwindigkeiten womit zwey Körper in verschiedenen Zeiten verschiedene Wege zurücklegen, verhalten sich wie die Räume dividirt durch die Zeiten.

Aus der nämlichen Proportion hat man auch. $S : s = CT : ct$.

d.h. die Wege welche zwey Körper mit verschiedenen Geschwindigkeiten, in verschiedenen Zeiten durchlaufen verhalten sich wie die Produkte der Zeiten in die Geschwindigkeiten.

Aus eben dieser Proportion hat man auch nachfolgende $T : t = \frac{S}{C} : \frac{s}{c}$

d.h. die Zeiten in welchen zwey Körper mit verschiedenen Geschwindigkeiten ungleiche Räume durchlaufen, verhalten sich wie die Räume dividirt durch die Geschwindigkeiten.

Endlich hat man aus der Formel $C = \frac{S}{T}$ für die gleichförmige Bewegung noch folgende zwey $S = CT$ und $T = \frac{S}{C}$ welche heißen, man erhält den zurückgelegten Weg wenn man die Geschwindigkeit mit der Zeit multiplizirt, und die Zeit der Bewegung wenn man den zurückgelegten Weg durch die Geschwindigkeit dividirt.

Beispiele. 1) Ein Körper durchläuft in einer Minute 240 Fuß, welches ist seine Geschwindigkeit? das ist der Weg welchen derselbe in einer Sekunde zurück legt? Auflösung Es ist $C = \frac{S}{T}$ und da hier $S = 240$, und $T = 60$ Sekunden ist so wird $C = \frac{240}{60} = 4$ Fuß.

2) Wenn bei der Geschwindigkeit des angegriffenen Punktes von 4 Fuß per Sekunde die Umlaufszeit eines Wasserrades = 15,7 Sekunden ist, wie groß wird in diesem Falle der Umfang des Rades und sonach der Durchmesser desselben seyn müssen? Aufl. Es ist hier $C = 4'$, $T = 15,7''$ und $S =$ dem gesuchten Umfang des Rades der $= D\pi$ ist.

somit hat man wegen $S = CT$. den Umfang des Rades $S = 4 . 15,7 = 62,8$ Fuß und dessen Durchmesser $D = 20$ Fuß –

auch ist $S = D\pi$ daraus $D = \frac{S}{\pi}$ oder $D = \frac{62,8}{3,14} = 20$ Fuß.

3) Ein Pferd A durchläuft in 7 Minuten 7820 Fuß, ein anderes B in 10 Minuten 9600 Fuß welches läuft geschwinder? –

Es verhält sich hier $C : c = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$ und ersetzt den Buchstaben ihre Werthe substituirt. $C : c = \frac{7820}{7} : \frac{9600}{10}$ das ist

$$C : c = 78200 : 67200 \text{ oder}$$
$$C : c = 391 : 334 \text{ daraus } c = \frac{334}{391} C$$

das heißt die Geschwindigkeit des 2ten Pferdes c beträgt nur $\frac{334}{391}$ von der Geschwindigkeit des ersten. also läuft das Pferd A geschwinder, und zwar ist die Geschwindigkeit des Pferdes A $= \frac{7820}{7.60''} = 18\frac{13}{21}$ Fuß, und jene des Pferdes B $= \frac{9600}{10.60''} = 16$ Fuß per Sekunde.

Zur Messung der Zeit, wodurch die Geschwindigkeiten der verschiedenen Bewegungen, und deren Natur verglichen werden können dienen nebst Pendeln und Sekunden Uhren, auch die Sand und Quecksilber-Uhren Ein solches Werkzeug besteht aus 2 konischen Gefäßen, die an ihren Grundfläche verschlossen, und an ihren Spitze durch eine kleine sehr enge Oeffnung communiziren. Wird eines dieser Gefäße mit Sand

oder Quecksilber gefüllet, so verbrauchen diese Substanzen zu ihrem gänzlichen durchfließen durch die Oeffnung eine gewiße Zeit, die durch die Länge der Ablaufzeit der flüßigen bestimt wird. die gewöhnlichsten sind die 30 Sekunden oder Minuten Uhren.

Die ungleichförmige Bewegung.

Die Bewegung heißt eine ungleichförmige, wenn in gleichen Zeiten ungleiche Wege zurückgelegt werden, sie ist entweder eine einfache, oder eine zusammengesetzte, je nachdem der Weg welchen der Körper zurücklegt von einer oder mehreren, von gleichartigen oder ungleichartigen Kräften motivirt wird. Die einfache ungleichförmige Bewegung kann entweder eine beschleunigte, oder verzögerte Bewegung; beide aber entweder gleich, oder ungleichförmig beschleunigt, oder verzögert seyn.

Die gleichförmig beschleunigte Bewegung.

Gleichförmig beschleunigt heißt die Bewegung eines Körpers, wenn derselbe in seiner Bewegung in gleichen Zeittheilchen immer einen gleichen Zuwachs an Geschwindigkeit erhält. Ein bekanntes Beyspiel der beschleunigten Bewegung bietet uns der freye Fall der Körper dar, deren bewegende Kraft, in der Schwerkraft ihrer Masse liegt, und zwar muß diese Bewegung auch gleichförmig beschleunigt seyn; weil die Schwere eines Körpers denselben in jedem Augenblick und ohne Unterlaß in der Richtung der Schwerkraft zur Bewegung antreibt, und die Schwerkraft selbst für nicht zu sehr beträchtliche Fallhöhen als sich immer gleich anzunehmen ist; obwohl die Schwerkraft allen Orten der Erde sich nicht ganz gleich ist.

und sich auch nach Maßgabe als man sich von der Erde entfernt vermindert. — Für unsern Endzweck ist diese Änderung außer Acht zu lassen, denn nur mit Werkzeugen von ausnehmender Feinheit, läßt sich der Unterschied in den kleinen Höhen bis zu welchen wir uns über die Erdoberfläche erheben können, stützend-diß nicht beobachtet findet man, daß an jedem Orte die Körper mit gleicher Geschwindigkeit fallen — Huygens bestimmte die Fallhöhe der schweren Körper die wir 6 nennen, für die erste Sekunde = 15,092662 Pariser Fuß = 15,625 Rheinländisch Fuß = 16,803 Wiener Fuß.

Ist ein Körper durch die ununterbrochene Wirkung einer Kraft in Bewegung versetzt worden, und hat dadurch eine gewisse Geschwindigkeit erlangt, so ist begreiflich, daß er, wenn diese Kraft plötzlich zu wirken aufhörte, seine Bewegung einzig vermöge des Eindrucks fortsetzen würde, die er vorher empfangen hat; und eben so als wenn er von der Ruhe aller dieser Antriebe wäre in Bewegung versetzt worden, der Körper würde demnach fortfahren mit gleichförmiger Bewegung zu fallen, und seine Geschwindigkeit, welche dann beständig ist; wird von der Art seyn, daß er in einer Zeit, welche der gleich ist, die bereits während seines Falles verfloß, einen doppelt so großen Raum, als er bereits durchlief, zurücklegen wird.

Es sey Fig 53 die Zeit AB von T Sekunden während welcher ein Körper frey herabfällt in lauter gleiche Theile, A1, 1.2; 2.3; 3.4; 4.B. x getheilt so ist erstlich die Geschwindigkeit des frey fallenden Körpers im Anfange seiner Bewegung in A = 0, erhält aber am Ende des ersten Zeittheilchens

in t eine Geschwindigkeit t.1 = K. am Ende des 2ten Zeittheilchens erlangt derselbe wieder einen K ohne die erste zu verlieren, und so in allen auf einander folgenden Zeittheilchen ein gleiches K, und zwar so daß in T Zeittheilchen die erlangte Geschwindigkeit BC = C = KT ist.

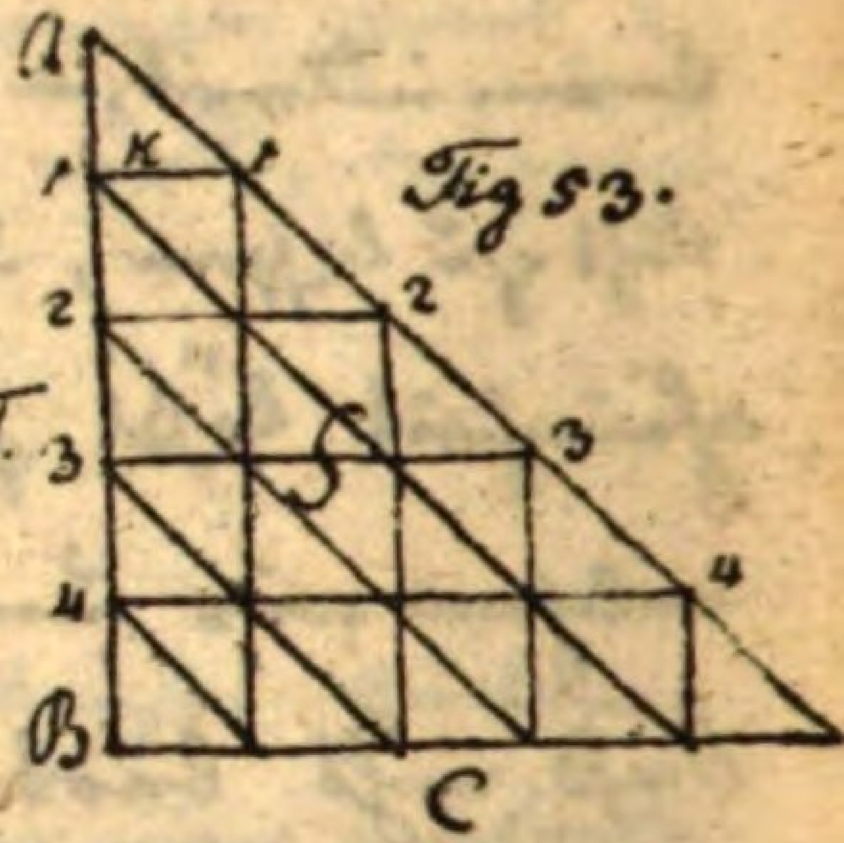


Fig 53.

Da nun die Geschwindigkeit, mit welcher sich ein Körper im freyen Falle bewegt, von der Masse unabhängig, und für alle Körper gleich groß ist; denn auf jedes Element wirkt eine gleich beschleunigte Kraft, und mithin der Mittelpunkt der Masse sie mag groß oder klein seyn eine dieselbe Beschleunigung folglich dieselbe Geschwindigkeit erhalten muß; so ist auch für jeden andern durch t Zeittheilchen (Sekunden:) frey fallenden Körper, dessen am Ende erlangte Geschwindigkeit c = Kt. Oder die am Ende von t Sekunden erlangte Geschwindigkeit c, ist gleich der am Ende der ersten Sekunde erlangten, soviel mal genommen als Sekunden während der Bewegung verstrichen sind.

Aus C = KT, und c = Kt hat man die Proportion C : c = T : t. das heißt: bei der gleichförmig beschleunigten Bewegung verhalten sich die am Ende erlangten Geschwindigkeiten gerade wie die Zeiten.

Aus dem Dreyeck ABC lassen sich mit Anwendung der Mathematik für die gleichförmig beschleunigte Bewegung auch noch folgende Gesetze erweisen.

2) Die bei dem freyen Fall der Körper am Ende der ersten Sekunde erlangte Geschwindigkeit K ist gleich dem doppelten Fallraum σ; mithin K = 2σ das ist K = 2. 16,803 = 33,606 Fuß. Das heißt, der Körper würde wenn er keinen neuen Zuwachs an Geschwindigkeit erhielte, oder die Schwerkraft plötzlich auf ihn zu wirken aufhörte in der 2ten Sekunde einen doppelt so großen Raum als in der ersten, nämlich 33,606 Fuß zurücklegen; während derselbe da die Schwerkraft

noch auf sie wirkt in der zweiten Sekunde wirklich einen Raum von 33,606 + 16,803 = 50,409 Fuß zurücklegt, wenn von dem Widerstande der Luft abstrahirt wird.

3) Die am Ende von T Sekunden erlangte Geschwindigkeit ist gleich dem doppelten Fallraum für die erste Sekunde, multiplizirt mit der Anzahl Sekunden der Dauer des Falles. Es ist nämlich $C = 2\sigma T$ d.i. $C = 33{,}6 \cdot T$.

4) Der in T Sekunden durch den freyen Fall der Körper zurückgelegte Weg S, ist gleich dem Produkte aus dem freyen Fallraum für die erste Sekunde in das Quadrat der während des Falles verflossenen Sekunden nämlich es ist $S = \sigma T^2$ oder $S = 16{,}8 \cdot T^2$

5) Verhalten sich bei der gleichförmig beschleunigten Bewegung die zurückgelegten Wege wie die Quadrate der Zeiten welche seit dem Augenblicke da die Bewegung anfieng verflossen sind; nämlich es ist $S : s = T^2 : t^2$ und da sich hier die Zeiten sich wie die am Ende erlangten Geschwindigkeiten verhalten, hat man auch $S : s = C^2 : c^2$.

Da ferner in der Naturlehre für die Beobachtungen und Versuche die besten Verbindungsmittel die mathematischen Resultate sind, so sind endlich alle Resultate der gleichförmig beschleunigten Bewegung in ihrer Verbindung durch folgende Formeln dargestellt. In diesen bedeutet T die Zeitdauer des Falles in Sekunden, C die am Ende des Falles erlangte Geschwindigkeit, S den zurückgelegten Weg und σ die Beschleunigung der Schwere = 16,803 bair. Fuß. unter dieser Bedeutung hat man

1) $C = 2\sigma T = 2\sqrt{S\sigma} = \frac{2S}{T}$ | 3) $S = \sigma T^2 = \frac{C^2}{4\sigma} = \frac{1}{2} C T$

2) $T = \frac{C}{2\sigma} = \sqrt{\frac{S}{\sigma}} = \frac{2S}{C}$ | 4) $\sigma = \frac{S}{T^2} = \frac{C}{2T} = \frac{C^2}{4S}$

Hieraus läßt sich bestimmen: 1) Wie groß die am Ende erlangte Geschwindigkeit eines Körpers ist, wenn man die Zeitdauer des Falles oder die Höhe weiß von welcher der Körper herabgefallen ist.

2) Wieviel Zeit ein Körper zu seinem Falle verwendet habe, wenn seine am Ende erlangte Geschwindigkeit, oder die Höhe des Falles gegeben ist.

3) Wie groß die Höhe ist, von welcher ein Körper frey herabgefallen, wenn man die Dauer des Falles, oder seine am Ende erlangte Geschwindigkeit weiß, und auch:

4) die Fallkraft G, wenn man den im freyen Fall zurückgelegten Weg, oder die am Ende erlangte Geschwindigkeit, und die Zeitdauer der Bewegung weiß.

Aufgabe. Es falle ein Körper von einer Höhe = 500 Fuß frey herab; welche ist 1) seine am Ende des Falles erlangte Geschwindigkeit C, und 2) die Zeitdauer seiner Bewegung?.

Auflösung für 1) Es ist $C = 2\sqrt{SG}$

$C = 2\sqrt{500 . 16,8}$

$C = 2\sqrt{8400}$

$C = 2 . 91,65 = 183,3$ Fuß

für 2 hat man $T = \frac{C}{2G}$

$T = \frac{183,3}{2 . 16,8}$

$T = 5,51$ Sekunden.

Aus der Formel $S = GT^2$, wenn man T nach und nach = 1, 2, 3, 4, 5 &c = n Sekunden setzet, ergibt sich der zurückgelegte Weg für

1 Sekunde $S = 16,8 . 1^2 = 16,8$ Fuß — für 4 Sekunden $S = 16,8 . 4^2 = 268,8$ Fuß

2 Sekunden $= 16,8 . 2^2 = 65,2$ " — " 5 " $= 16,8 . 5^2 = 420.$ "

3 " $= 16,8 . 3^2 = 151,2$ " — " 6 " $= 16,8 . 6^2 = 604,8$ "

Daher hat man die in den einzelnen Zeittheilchen zurückgelegten Räume wie folgt: den in der 1sten Sekunde zurückgelegten Weg = 16,8 . 1 = 16,8 Fuß, den in der 2ten Sekunde = 16,8 . 3 = 50,4 Fuß

der in der 3ten Sekunde	zurückgelegten	Weg	= 16,8.5	= 84 Fuß
" " " 4ten	"	"	16,8.7	= 117,6 "
" " " 5ten	"	"	16,8.9	= 151,2 "
" " " nten	"	"	16,8.(2n-1)	 Fuß

Diesem nach verhalten sich die in den einzelnen Zeittheilchen durch den freyen Fall der Körper zurückgelegten Wege wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 etc. so wie sie in Fig 53 dargestellet sind. Es ist nämlich allda für

die erste Sekunde	A1,	der Raum	A11	= 1
2ten "	1.2	" "	1221	= 3
3ten "	2,3	" "	2.3.32	= 5
4 "	3.4	" "	3.4.43	= 7.
5 "	4.B	" "	4.BC.4	= 9 Dreyecke jedes = Δ A.1.1.

Gallilei welcher diese Gesetze, die Bewegung schwerer Körper betreffend, gefunden hat, bestättigte sie durch Erfahrung, in dem er Körper von einer großen Höhe herabfallen ließ, und die verschiedenen Umstände ihrer Bewegung beobachtete. Diese Art von Versuchen ist jedoch manchen Mängeln unterworfen, die durch den Widerstand welchen die Luft den bewegten Körpern entgegen setzet verursacht werden.

Der Widerstand den die Luft verursachet, rühret her, erstens von der Zähigkeit ihrer Theilchen, wodurch der Kraft des Körpers welcher an sie anschlägt ein Theil entzogen wird. 2tens von der elastischen Gegenwirkung der Luft, welche der Zusammendrückung, welche der Körper auf sie ausübet, indem er die Theilchen derselben übereinander treibt, widerstehet.

Gallilei suchte auch den Einfluß dieser Ursachen zu vermindern indem er Körper wählte, welche bei einem kleinen Raumumfange viel Masse enthielten, wie Kugeln aus Bley und anderen Metallen

denn es hängt der Widerstand der Luft von der Ausdehnung der getroffenen Fläche, und der Summe der bewegenden Kräfte ab, welche durch die Menge des schweren Stoffes bestimmt wird. Der Widerstand der luftförmigen Mittel nimt aber schneller zu als die Geschwindigkeiten der Körper die darin sich bewegen. Dieser Widerstand ist für eine doppelte Geschwindigkeit beinahe 4fach, für eine 3fache 9fach so groß als für die einfache Geschwindigkeit u.s.w. nach dem Quadrat-Verhältnisse. —

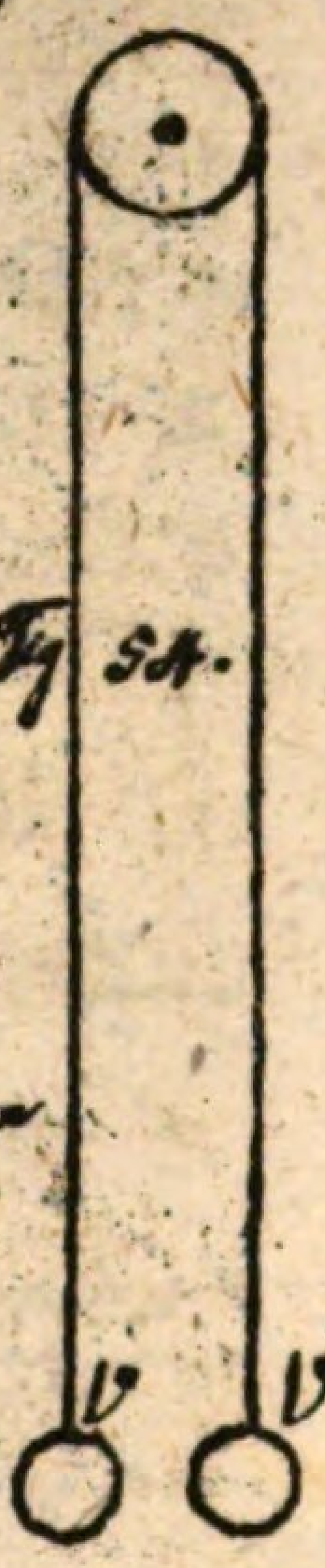
Hieraus folget, daß wenn man Körper mit einer geringern Schwerkraft als der gewöhnlichen fallen lassen könnte, der Einfluß des Widerstandes der Luft schwach genug seyn würde, um ihn für nichts zu achten; ohne daß sonst die Gesetze von der Beschleunigung der Bewegung verändert würden. — Der einzige Unterschied der eintreten wäre dieser, daß sie weniger rasch wäre, und daß man demnach sehr wohl bei sehr geringen Höhen des Falles sie beobachten und messen könnte.

Dieser Zweck kann vermittelst einer sinnreichen von Atwood angegebenen Maschine erreicht werden.

Um sich dieselbe unter ihrer einfachsten Gestalt vorzustellen denke man sich eine Rolle mit unbeweglicher Axe, über welche ein sehr feiner seidener Faden geschlagen ist; der an seinen beiden Enden von zwey vollkommen gleichen Gewichten, die doch ziemlich beträchtlich sind (von einem halben oder ganzen Pfunde :) gespannt wird. Man nehme an daß der Faden kein bemerkbares Gewicht habe, und die Bewegung auf der Rolle, so wie die Umdrehung dieser um ihre Axe vollkommen frey und ohne alle Reibung erfolge. Dieses vorausgesetzt,

ist es keinem Zweifel unterworfen daß die beiden Gewichte sich völlig das Gleichgewicht halten werden, in welche Lage man sie auch immer bringen mag; wird nun auf eines der gleichen Gewichte eine kleine dünne metallene Scheibe gelegt, welche von der Summe der beiden Gewichte einen kleinen Bruchtheil etwa $\frac{1}{168}$ ausmacht — Wäre dieser kleine Körper frey und sich selbst überlassen, so würde er natürlicher Weise vermöge seiner Schwere mit der Beschleunigung σ zur Erde fallen, in Verbindung mit dem einen, und dem andern Gewichte aber, kann er sich nicht senken, ohne daß diese an seiner Bewegung Theil nehmen; er muß also mit diesen die Kraft theilen welche die Schwerkraft ihm eindrückt. Enthielten z. B. die beiden größern Gewichte zusammen 167 Gewichtstheile das kleine Auflegegewicht nur 1, so wird das Bestreben der Schwerkraft des letztern gleichförmig unter die 168 Theile der drey Massen des ganzen Systems vertheilt, und demnach muß sich auch die Beschleunigung σ in demselben Verhältniß vermindern, das heißt nur den $\frac{1}{168}$ Theil ihres natürlichen Werthes von 16,8 Fuß, d. i. für den vorliegenden Fall nur 0,1 Fuß betragen.

Fig. 54.



Heißen allgemein die zwey gleichen Gewichte V, V die Zulegmasse $= \rho$ die Beschleunigung der Schwere $= \sigma$ und jene der drey Massen $= \Sigma$ so ist $\Sigma = \frac{\rho\sigma}{2V+\rho}$ daraus $\rho = \frac{2V\Sigma}{\sigma-\Sigma}$ und $V = \frac{(\sigma-\Sigma)\rho}{2\Sigma}$

Ferner wenn noch T die Zeit bedeutet in welcher eine träge Masse $2V+\rho$ durch einen Raum S geführt werden soll, so hat man die bewegende Kraft $p = \frac{2V.S}{\sigma T^2 - S}$ sodann $S = \Sigma T^2 = \frac{\rho\sigma T^2}{2V+\rho}$, auch hat man $\rho = \frac{2VS}{(\sigma-\Sigma)T^2}$:

Aufgabe 1) Wenn die beiden Gewichte V zusammen 167 Drachmen wiegen, und das kleine Zulag-Gewicht, oder die bewegende Kraft p = 1 Drachma ist, welche wird in diesem Fall die Beschleunigung Σ der träg Massen seyn?

Auflösung Sie ist $\Sigma = \frac{p\sigma}{2V+p}$ das ist $\Sigma = \frac{1 \cdot 16{,}8}{167+1} = 0{,}1$ Fuß

2) Wenn zwey träge Massen $V+V$ zusammen 40 ℔ wiegen, wie groß muß die bewegende Kraft p seyn damit ihre Beschleunigung Σ = 4 Zoll oder $\frac{1}{3}$ Fuß sey.

Auflösung. Es ist $p = \frac{2V\Sigma}{\sigma - \Sigma}$ das ist $p = \frac{40 \cdot \frac{1}{3}}{16{,}8 - \frac{1}{3}} = \frac{40}{3 \cdot 16\frac{7}{15}} = \frac{200}{247}$ ℔ das ist = 26,316 Loth.

3) Wie groß muß jedes der Gewichte V seyn, wenn bei einer bewegenden Kraft p = 4 Loth die mitgetheilte Fallkraft Σ 5 Zoll = $\frac{5}{12}$ Fuß betragen soll.

Auflösung Es muß jedes $V = \frac{(\sigma - \Sigma)p}{2\Sigma}$ seyn also anstatt der Buchstaben ihre Werthe substituirt $V = \frac{(16{,}8 - \frac{5}{12})4}{\frac{10}{12}}$, und alles in Zoll verwandelt gibt $V = \frac{(201{,}6 - 5)4}{10} = \frac{786{,}4}{10} = 78{,}64$ Loth. oder 2 ℔ 10,64 Loth.

4) Wie groß muß die bewegende Kraft p seyn, um eine träge Masse V = 100 ℔ in 15 Sekunden = T durch einen Raum S = 60 Fuß zu führen?

Auflösung Es ist $p = \frac{2VS}{\sigma T^2 - S}$ dieses gibt $p = \frac{100 \cdot 60}{16{,}8 \cdot 15^2 - 60} = \frac{6000}{16{,}8 \cdot 225 - 60} = \frac{6000}{3720} = 1{,}613$ ℔.

Durch die Atwoodische Maschine wird man diesem nach das Gesetz dar= stellen können, nach welchem die in verschiedenen Zeitpunkten des Falles erlangten Geschwindigkeiten innerlich zu nehmen zu dem Ende gibt man den Zulagmassen die Gestalt länglichter

Platten, bringt einen beweglichen Ring längs der Ränder des Apparates an, und befestigt ihn in einer beliebigen Entfernung von dem Punkte wo die Bewegung anfängt, so wie das aufgelegte Stück den Ring erreicht wird es von diesem zurückgehalten werden, und auf ihm liegen bleiben, die angestellten Versuche liefern den Beweis daß die vorhin aufgestellten Resultate ihre Richtigkeit haben, aus welchen sonach auch die Beschleunigung der Schwere im freyen Fall der Körper $G = \frac{(2V+p)\Sigma}{p}$ gefunden wird.

Der größern Einfachheit wegen ist vorausgesetzt worden, daß der Faden gänzlich ohne Schwere, die Rolle ohne Reibung sey, Man nähert sich soviel als möglich diesen nur in der Voraussetzung gegründeten Bedingung, wenn man sich eines sehr feinen sehr biegsamen Fadens bedient, und die Axe der Rolle auf andern Rollen, welche selbst sehr beweglich sind, ruhen läßt.

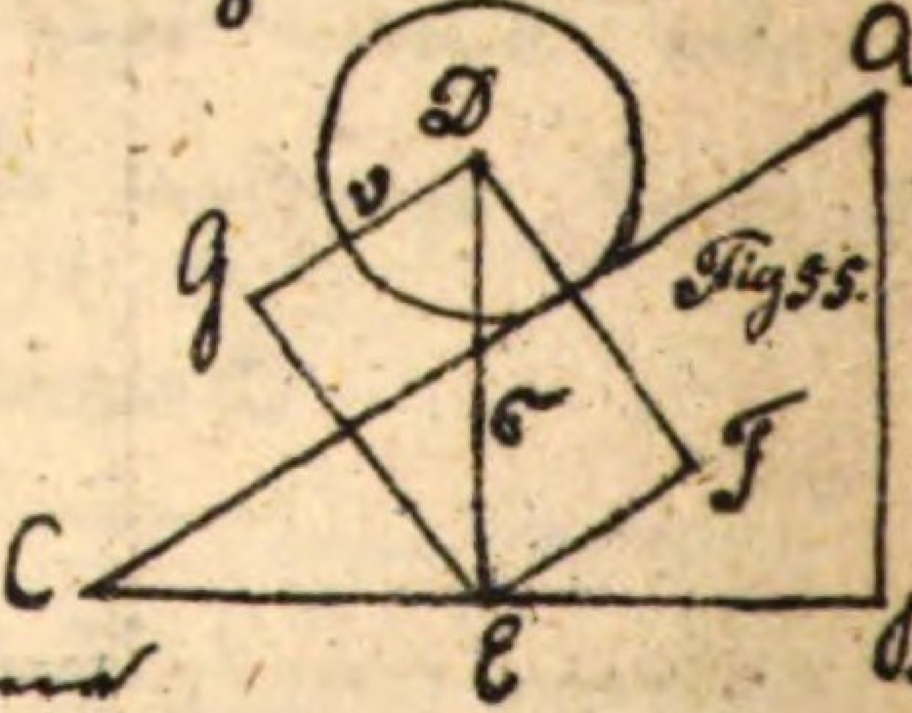
Bewegung der Körper über eine geneigte Ebene.

Wenn ein schwerer Körper auf einer horizontalen Ebene ruhend erhalten wird so trägt diese sein ganzes Gewicht, und es ist eben so gut als wenn er völlig seiner Schwere beraubt wäre. – Sobald aber die Ebene worauf der Körper ruht, gegen die Horizontale geneigt wird; so wird sein absoluter Druck in zwey getheilet nämlich in den Druck auf die Ebene der nun kleiner als vorher ist, und in die Kraft mit welcher der Körper

über die geneigte Ebene herabrollt, welche daher auch kleiner ist als der absolute Druck gegen die horizontal-Ebene seyn würde, und zwar im Verhältniß der Höhe der Ebene zur Länge derselben.

Je kleiner der Neigungswinkel der geneigten Ebene ist, desto mehr widersteht die Ebene dem Drucke des Körpers, und mit desto geringerer Gewalt sinkt der Körper längs der schiefen Ebene herab – Wird hingegen der Neigungswinkel größer, so vermehrt sich die Gewalt mit welcher der Körper über die geneigte Ebene herabsinkt, und der Druck desselben auf die Ebene vermindert sich.

Würde der Körper nach der Höhe frey herabfallen können, so wirkte sein ganzes Gewicht, und seine Beschleunigung wäre $\sigma = 16,8$ Fuß für die erste Sekunde, da aber der Körper sich nur längs der schiefen Ebene bewegen kann, so kann dieses nur mit einer Beschleunigung v seyn, welche der relativen Fallkraft über die Ebene entspricht.



Es wird nämlich wenn $DE = \sigma =$ der absoluten Beschleunigung der Schwerkraft, und $DG = v$ die relative Beschleunigung auf der geneigten Ebene vorstellt, wegen der Ähnlichkeit der $\Delta\ EDG$ mit dem $\Delta\ ABC$ sich verhalten; $DE : DG = AC : AB$ das ist wenn $AC = l$ und $AB = h$ gesetzt wird $\sigma : v = l : h$ daraus $v = \frac{h\sigma}{l}$

das heißt die relative Fallkraft v über die geneigte Ebene, wird um soviel mal kleiner seyn, als die absolute σ, soviel mal als die Höhe h der Ebene, in der Länge l derselben enthalten ist.

Wenn demnach die Höhe der Ebene in ihrer Länge 2mal enthalten ist

so wird auch die relative Fallkraft v das auf die geneigte Ebene gelegten Körpers, nur den 8ten Theil seiner absoluten Fallkraft betragen sie wird nämlich = $\frac{16,8}{8}$ = 2,2 Fuß seyn.

In was immer für einem Punkt der geneigten Ebene sich der Körper D befindet so bleibt das Dreyeck DEG immer dem Dreyecke ABC ähnlich, mithin auch die relative Fallkraft v immer dieselbe – und da diese immer in derselben Richtung wirket, und sich auch immer gleich bleibt, so lange die Ebene dieselbe ist, so kann die Bewegung über die geneigte Ebene nur eine gleichförmig beschleunigte seyn, und denselben Gesetzen wie die im freyen Fall der Körper unterliegen; nur mit dem einzigen Unterschiede, daß im Falle der Körper über die geneigte Ebene statt G, die Größe v, oder $\frac{Gh}{l}$ zu setzen ist. – daher wird auch, der in der ersten Sekunde zurückgelegte Weg = v, der in der 2ten Sekunde = 3v, der in der 3ten Sekunde = 5v. u. s. w. im Verhältniß der Reihe der ungeraden Zahlen fortgehen.

Aufgabe Wenn die Länge der Ebene = 24 Fuß, die Höhe derselben = 4 Fuß ist, welchen wird der Weg seyn; den eine auf dieselbe gelegte Kugel in der 5ten Sekunde zurücklegt.

Aufl. Es ist vermög. $v = \frac{Gh}{l}$, das ist $v = \frac{16,8 \times 4}{24}$ = 2,8 Fuß; da nun ist die 5te ungerade Zahl = 9, also der Weg welchen die Kugel auf der geneigten Ebene in der 5ten Sekunde zurücklegt = 2,8×9 = = 25,2 Fuß.

Bedeutet endlich noch T die Zeit der Bewegung in Sekunden, S den zurückgelegten Weg, und C die am Ende von T Sekunden erlangte Geschwindigkeit, so sind alle Gesetze der Bewegung über die geneigte Ebene in folgenden Formeln enthalten.

$$T = \frac{lC}{2Gh} = \sqrt{\frac{l^2}{Gh}} = \frac{2l}{C};$$

$$C = \frac{2\sigma h T}{l} = 2\sqrt{h\sigma} = \frac{2l}{T};$$

$$S = \frac{\sigma h T^2}{l} = \frac{l C^2}{4 h \sigma} = \frac{1}{2} C T;$$

$$\sigma = \frac{C l}{2 h T} = \frac{l^2}{h T^2} = \frac{C^2}{4 h};$$

Aufgabe. Die Länge der geneigten Ebene $l = 168$ Fuß, die Höhe derselben $h = 10$ Fuß. Welche wird 1) die relative Fallkraft v. 2) die Zeit des Herabgangs T, und 3) die am Ende der Ebene erlangte Geschwindigkeit seyn?

Auflösung für 1) ist $v = \frac{h\sigma}{l}$.

Also ist $v = \frac{10 \cdot 16{,}8}{168} = 1$ Fuß.

für 2) ist $T = \sqrt{\frac{l^2}{\sigma h}}$

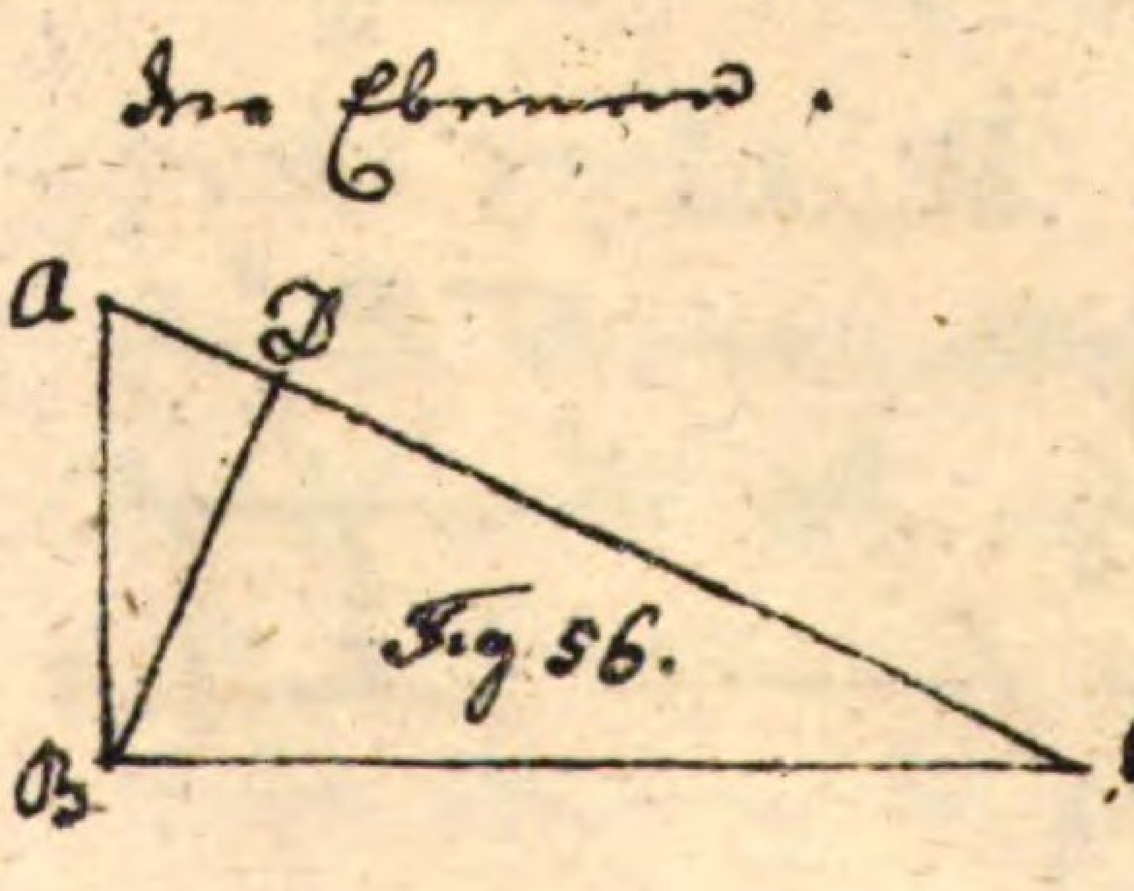
$T = \sqrt{\frac{(168)^2}{16{,}8 \cdot 10}}$

$T = 13$ Sekunden ungefähr.

für 3tens ist $C = \frac{2l}{T}$

das ist $C = \frac{2 \cdot 168}{13} = 25{,}8$ Fuß.

Da nun $v = \frac{h\sigma}{l}$ ist, so ist auch für eine andere geneigte Ebene die relative Fallkraft $V = \frac{H\sigma}{L}$, also hat man die Proportion $v : V = \frac{h\sigma}{l} : \frac{H\sigma}{L}$ oder $v : V = \frac{h}{l} : \frac{H}{L}$ oder die relativen Fallkräfte bei verschiedenen geneigten Ebenen verhalten sich wie die Höhen, dividirt durch die Längen der Ebenen.



Ziehet man aus dem rechten Winkel B des Δ ABC auf die Hypothenuse AC die Senkrechte BD, so hat man $AC : AB = AB : AD$ und nach Fig 55 hat man auch $\sigma : v = AC : AB$ also erhellt sich auch $\sigma : v = AB : AD$. Das heißt während

der Körper im schiefen Falle durch AB fällt, legt er im vorgeschriebenen Falle den Weg AD zurück.

Wenn demnach die schiefe Ebene unter einem kleinen Winkel gegen den Horizont geneigt ist, so kann man die Zeiten des Falles auf der geneigten Ebene weit bequemer betrachten, als bei dem lothrechten Falle – Galilei bediente sich eben dieses Verfahrens, und seine Versuche bestättigten die in den Formeln ausgedrückten Gesetze.

Gesetzt es wäre die Länge der Ebene = 36 Fuß, die Höhe derselben = 3 Fuß, so würde sich die absolute Fallkraft 16,8 zur relativen v wie 36 : 3 das ist wie 12 : 1 verhalten, daher wird auch, der auf der geneigten Ebene in der ersten Zeitsekunde zurückgelegte Weg, nur der 12te Theil von der senkrechten Fallhöhe einer Sekunde seyn. Es wird nämlich $v = \frac{16,8}{12} = 1,4$ Fuß seyn. Fiele nun der Körper über die Höhe der Ebene senkrecht herab, so wäre seine Fallzeit $T = \sqrt{\frac{h}{\sigma}}$ das ist $T = \sqrt{\frac{3}{16,8}} = 0,4226$ Sekunden, während die Zeit seines Falles über die geneigte Ebene $= \sqrt{\frac{36}{1,4}} = 5,0712$ Sekunden beträgt. Es verhält sich also die Zeit des Falles über die Höhe zu der über die Ebene wie 0,4226 : 5,0712 das ist wie 1 : 12. Der Körper verbraucht also im vorliegenden Beispiele zu seinem Falle über die geneigte Ebene eine 12 mal längere Zeit, als über die Höhe derselben – Übrigens ist wegen $C = 2\sqrt{h\sigma}$ die Geschwindigkeit welche der Körper im schiefen Falle am Ende der geneigten Ebene erlangt hat, genau dieselbe die er erhalten würde wenn er lothrecht von der ganzen Höhe dieser Ebene herabgefallen wäre. Für gleiche Zeiten aber verhält sich die im senkrechten Falle erlangte Geschwindigkeit, zu der im

einerley Zeit auf der geneigten Ebene erlangten, wie die Länge der Ebene zur Höhe derselben.

Mit einiger Betrachtung welche mit der Erfahrung vollkommen überein=stimmt ergibt sich auch, daß, wenn mehrere Körper von demselben Punkte A ausgehen, und eben so viele verschiedentlich geneigte aber gleich hohe Ebenen AG, AH, AJ, durchlaufen, sie am Ende ihres Falles gleiche Geschwindig=keiten erlangt haben werden. denn die Geschwindigkeit ist nach jedem Körper sobald diese in G, H oder J angelangt sind.

$c = 2\sqrt{AF \cdot g}$

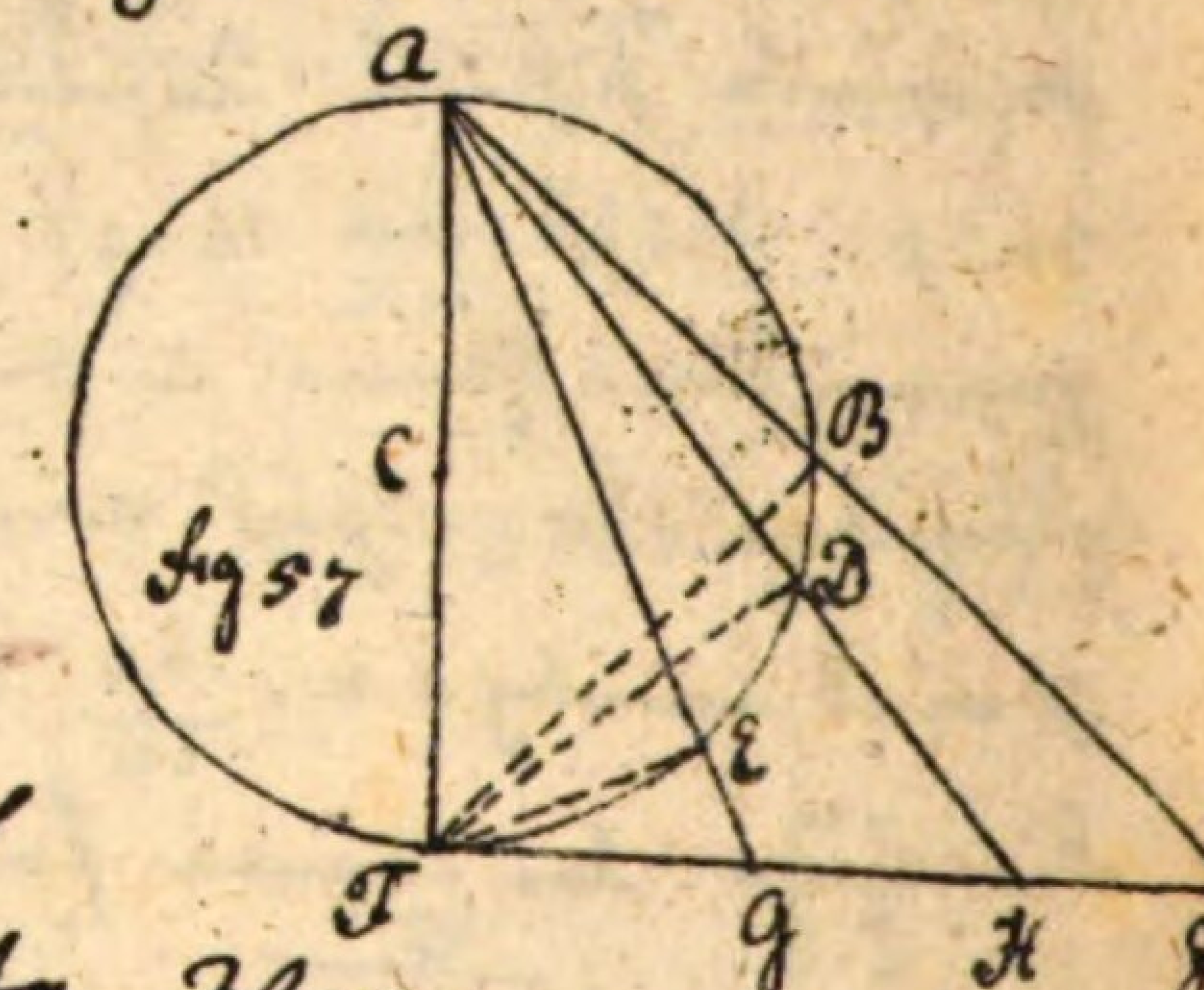


Fig. 57

Werden ferner in einem Kreise ABDEF alle Sehnen AB, AD, AE in derselben Zeit als der Durchmesser AF durchlaufen, denn es verhält sich eben der im freyen Fall zurückgelegte Weg zu dem in einerley Zeit auf der geneigten Ebene gemachten, wie der Durchmesser AF zu diesen Sehnen.

Es sey die Höhe der Ebene AF = 12 Fuß die Länge derselben AJ = 60 Fuß, welches wird der Weg seyn den Körper auf AJ macht während der Zeit als derselbe durch AF fiele.

Auflösung. dieser Weg ist AB, und es verhält sich.

AJ : AF = AF : AB das ist:

60 : 12 = 12 : AB daraus $AB = \frac{12 \cdot 12}{60} = 2\frac{2}{5}$ Fuß

Das heißt nun bis während der Körper im freyen Falle 12 Fuß zurücklegt, macht derselbe im vorgeschriebenen Falle auf der gegebenen Ebene nur $2\frac{2}{5}$ Fuß.

Die gleichförmig verzögerte Bewegung.



Die gleichförmig verzögerte Bewegung äussert sich bei Körpern welche entweder in vertikaler Richtung, oder auf einer geneigten Ebene aufwärts geworfen werden. Wird nämlich von B aus, ein Körper nach vertikaler Richtung durch BA geworfen, und wirkte die ihm mitgetheilte Kraft allein und im leeren Rau- Fig. 58. me, so würde sie dem Körper eine gleichförmige Bewegung, und eine beständige Geschwindigkeit ertheilen, die gleich K ist; und der in T Sekunden zurückgelegte Weg wäre KT.

Da aber die Schwerkraft in dem bewegten Körper eben so wirkt, wie in den ruhenden; so theilet sie dem Körper in der Zeit T die Geschwindigkeit 2GT, in gerader entgegengesetzter Richtung mit; so daß dessen Geschwindigkeit K, nach Verlauf von T Sekunden, um 2GT vermindert wird. Demnach wird die Geschwindigkeit des aufwärts geworfenen Körpers, wenn derselbe z.B. in D angelangt seyn wird, nur mehr $g = K - 2GT$ Schuh.

Die Zeit der Bewegung wird dann vollendet seyn, wenn die Schwere die ganze Geschwindigkeit dem aufwärts steigenden Körper benommen hat, das ist, sobald $K - 2GT = 0$, oder $T = \frac{K}{2G}$ geworden ist.

Wird z.B. ein Körper mit einer Geschwindigkeit $K = 168$ Schuh per Sekunde aufwärts geworfen, so ist die Zeit seines Aufsteigens $T = \frac{168}{2.16,8} = 5$ Sekunden. Sobald dieser Zeitpunkt eingetretten ist, wirket die Schwere noch ferner in den Körper,

und derselbe fällt von der erlangten Höhe $BA = W$, wieder mit gleichförmig beschleunigter Bewegung herab.

Weil ferner der Körper, wenn die Schwere nicht entgegen wirkte, mit gleichförmiger Bewegung in der Zeit T den Weg KT aufwärts zurücklegen würde, die Schwere ihn aber in dieser Zeit abwärts um den Raum σT^2 niederdrückt, so ist, weil beide Räume sich einander entgegen gesetzt sind, der Weg aufwärts $W = KT - \sigma T^2$.

Durch mathematische Berechnung findet man auch $W = \frac{K^2}{4\sigma}$, welcher Weg mit dem Ausdrucke $S = \frac{C^2}{4\sigma}$ vollkommen einerley ist, sobald $K = C$ und somit $S = W$ angenommen wird.

d. h. ein schwerer Körper steigt mit der ihm in vertikaler Richtung beygebrachten Geschwindigkeit zu eben der Höhe, von welcher er hätte herabfallen müssen, um dieselbe Geschwindigkeit durch den Fall zu erhalten; — auch behält der Körper bei seinem Herabfallen an jeder Stelle D, die nämliche Geschwindigkeit, die ihm beym Aufsteigen an dieser Stelle noch übrig blieb, und die Zeit die er verwendet um von A nach D herabzufallen, ist der gleich, die er brauchte um von D nach A aufzusteigen.

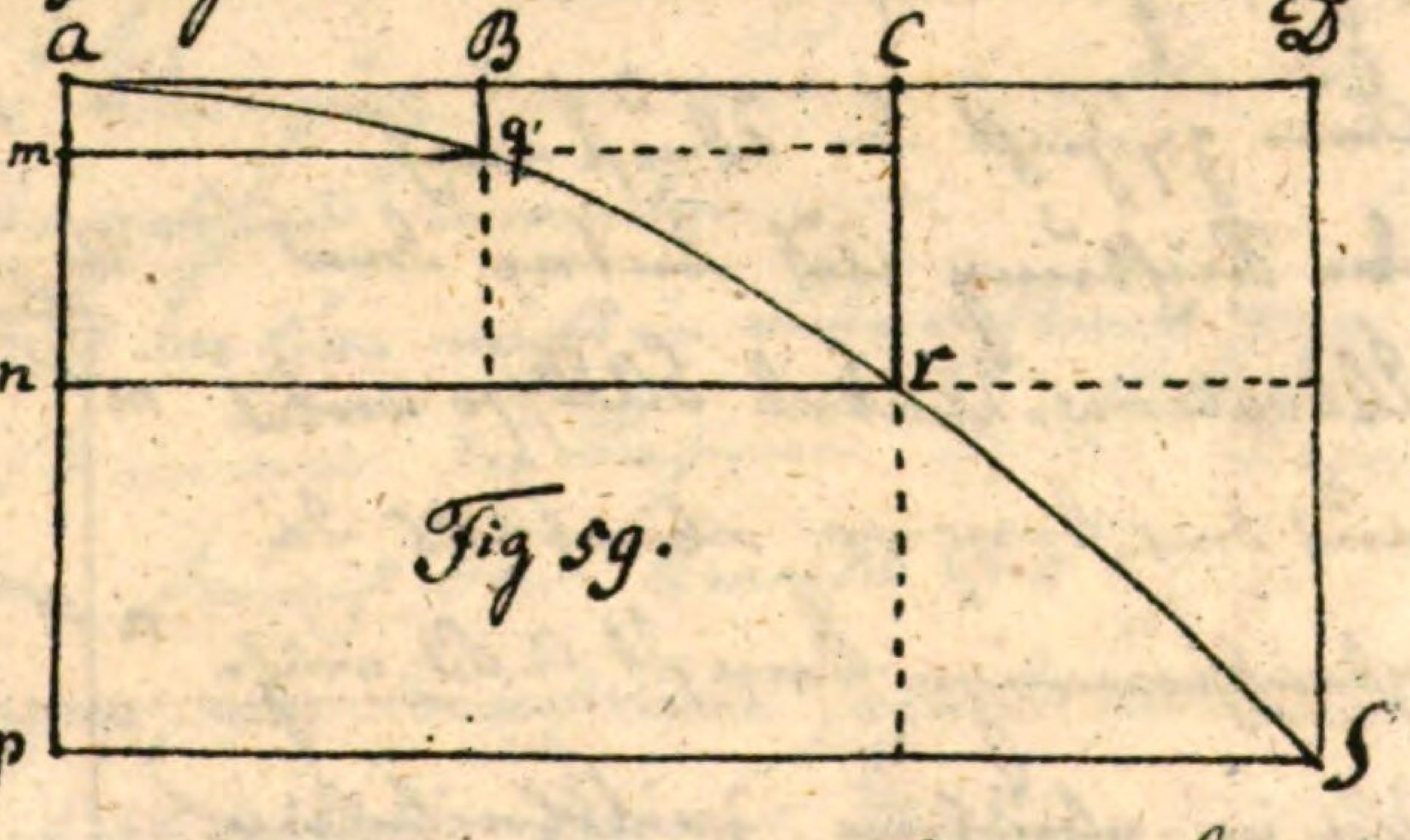
Wird ein Körper längs einer geneigten Ebene durch eine ihm mitgetheilte Kraft mit der Geschwindigkeit K aufwärts getrieben, so darf man in die vorhergehenden Formeln statt σ nur $v = \frac{\sigma h}{l}$ substituieren, so sind auch die Gesetze dieser Bewegung in folgenden Formeln entwickelt. nämlich es ist. $g = K - 2vT$; $T = \frac{K}{2v}$, und $W = \frac{K^2}{4v}$ oder $= KT - vT^2$. |: Hierfolgen einige Beyspiele: |

Die krumlinige Bewegung.

Wenn die Bewegung eines Körpers krumlinig seyn soll, so müssen auf denselben wenigstens zwey Kräfte unter verschiede=nen Richtungen wirken. Durch gehörige Modifizierung der Richtung und Intensität dieser Kräfte, kann jede beliebige krumme Linie beschrieben werden.

Das einfachste Beispiel einer krumlinigen Bewegung ist die Bahn welche ein horizontal, oder schiefgeworfener Körper beschreibt, der zu gleicher Zeit von der Schwere, und einem Stoß, der mit der lothrechten Linie einen Winkel macht angetrieben wird, und welche Bahn wenn man von dem Widerstande der Luft abstrahirt eine Parabel genannt wird.

Denn geschieht Fig 59 der Wurf horizontal so wird der Körper von der gleichförmigen Wurfkraft AB und der senkrechten Fallkraft Am getrieben bei welcher letzteren sich die zurückgelegten Wege



Am, An, Ap wie die Quadrate der Zeiten, oder in den einzelnen Zeittheilchen wie die aufeinander folgenden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 &c verhalten. — Während demnach durch die Wurf=kraft die gleiche Wege AB, BC, CD zurück gelegt werden, werden auch durch die gleichförmig beschleunigte Bewegung die Räume Am, mn, np gemacht, so kömt der Körper nach

und reich, in q. r. S an; und beschreibt die Curve AqrS.
bei dieser Curve verhalten sich die horizontalen Entfernungen, auf welche ein Körper in einer gegebenen Zeit geworfen wird, wie die Quadratwurzeln aus den Räumen welche er in derselben Zeit im senkrechten Fall zurücklegen würde.

Denn es verhält sich. $aB : aC : aD = 1 : 2 : 3$ oder

$mq : nr : pS = 1 : 2 : 3$ dieses gibt

$mq^2 : nr^2 : pS^2 = 1 : 4 : 9$

Es verhält sich aber auch $Am : An : Ap = 1 : 4 : 9$

dieses gibt. $mq^2 : nr^2 : pS^2 = Am : An : Ap$

oder $mq : nr : pS = \sqrt{Am} : \sqrt{An} : \sqrt{Ap}$

Diese Proportion hat auch seine Richtigkeit wenn auch der Körper schief geworfen worden.

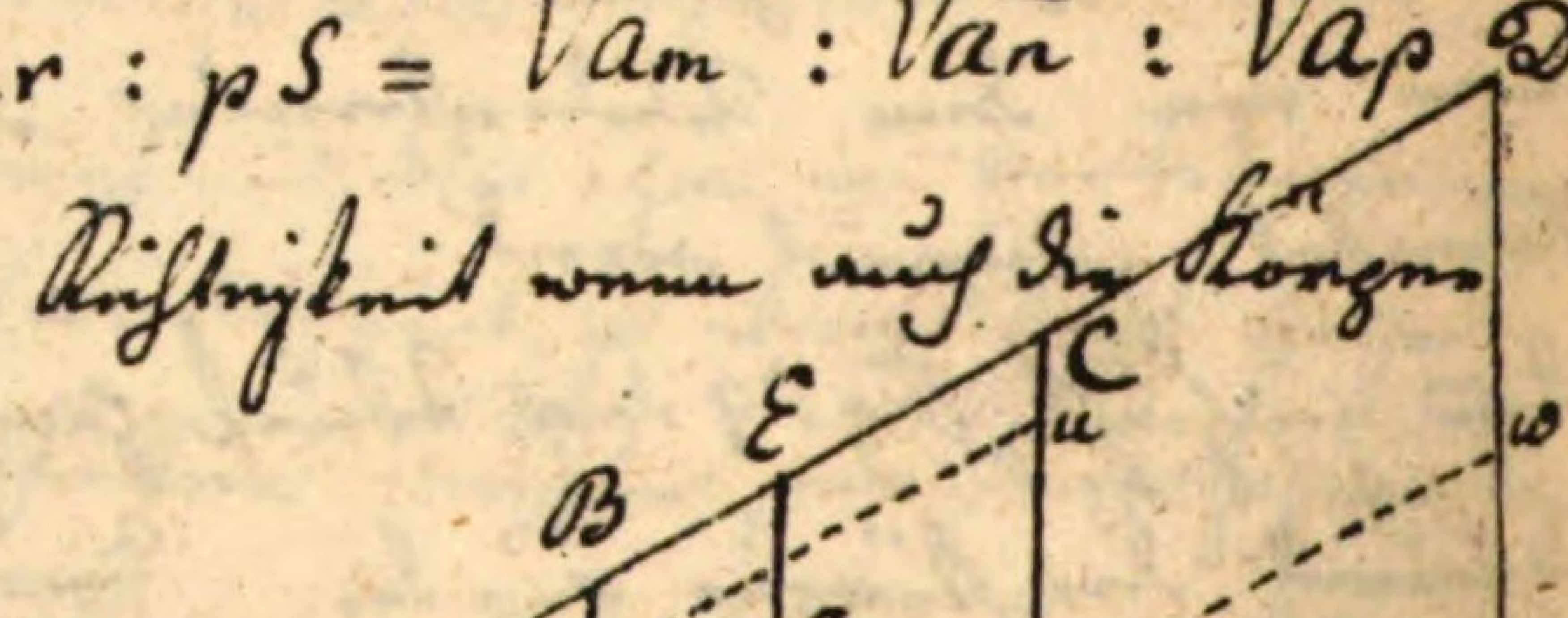


Fig 60

Denn geschieht der Wurf nach der Richtung AD unter dem Elevations-Winkel SAD, so wirkt auf den Körper ebenfalls die gleichförmige Kraft AB, welche ihn in gleichen Zeittheilchen durch die Räume AB = BC = CD treibt, und die gleichförmig beschleunigte Kraft Am, durch welche er in denselben Zeittheilchen, die Räume Am, mn, np. &c zurücklegt. Nämlich während der Körper durch die gleichförmige Kraft von A nach B kömt, fällt er durch

Am = Bq, er kommt also in q an; in dem zweiten Zeittheilchen
beschreibt er vermöge der gleichförmigen Geschwindigkeit
von q aus, einen Weg qu = BC zurück, fällt aber in demselben
durch einen Weg mr = qt = ur, er kommt also in r an; in
dem 3ten Zeittheilchen legt er von r aus mit gleichförmiger
Bewegung den Weg rw = CD, und durch die Beschleunigung
den Weg rv = np = wS zurück, er kommt also in S an, wo der-
selbe auf den Boden fällt – und es verhält sich dann ebenso

$$mq : nr : pS = \sqrt{Am} : \sqrt{An} : \sqrt{Ap}.$$

Übrigens heißt hier noch AS die Wurfweite, und wird am größten
seyn, wenn der Winkel DAS = 45° ist. DS ist die Halbirer, G der
Scheitel der Parabel, GF die Abscisse an der Axe, FE die
Subtangente = 2GF; AE die Tangente, und der höchste
Punkt G der Parabel wird die Höhe des Wurfes genannt.
Die völlige Entwicklung dieser Bewegung kann nur mit Hülfe der
Mathematik genügend dargethan werden. —
Aber da der Widerstand der Luft bisher nicht in Betrachtung gezo-
gen wurde macht es, daß man die Bahnen der Kano-
nenkugeln, und anderer durch die Kraft des Schieß-
pulvers geworfenen Körper, nur durch eine sehr unvollkommene
Annäherung für parabolisch halten kann; vielmehr hat
der Widerstand der Luft auf die Bewegung geworfener
Körper so gewaltigen Einfluß, daß man bei der äußerst
schnellen Bewegung abgeschossener Kanonenkugeln die
parabolische Theorie gar nicht anwenden kann.

man hat z. B. durch genaue Versuche zu La Fere in Frankreich mit einer 24 ℔ Canone unter 4° Elevation eine Schuß=Weite von 4920 Fuß und unter 15° Elevation eine Schuß=Weite von 10050 Fuß bei einerley Ladung erreicht. Wenn man nun aus der Schußweite unter 15° jene unter 4° berechnet, so findet man 2802 Fuß, welche zu der beo=bachteten Schußweite von 4920 Fuß für gar keine Annäherung gelten kann.

Auf die Bewegung der Bomben, die um vieles langsamer ist als jene der abgeschossenen Kanonenkugeln, hat der Widerstand der Luft keinen so gewaltigen Einfluß, und somit gibt für diese, die Theorie der Parabel einige Annäherung.

Die Centralbewegung.

Ist eine der beiden Kräfte welche auf einen Körper wirken stetig nach einem festen Mittelpunkt gerichtet, während die andere in einem augenblicklichen Stoß besteht, so erfolget die Bewegung des Körpers um einen Mittelpunkt, und heißt Centralbewegung. Die nun den bewegenden Kräften welche immer nach den Mittelpunkt C hinwirket, und durch ag = v ausgedrückt wird, heißt die Centralkraft; die andere aber AC welche den Körper nach der Tangente immer fortzutreiben strebet, die Tangential= oder Schwungkraft; der beständige feste Punkt C, um welchen die Bewegung geschieht, heißt Mittelpunkt der Bewegung; die Curve selbst die Bahn, und die Zeit, welche der Körper braucht, um seine Bahn einmal zu beschrei=ben, die Umlaufszeit.

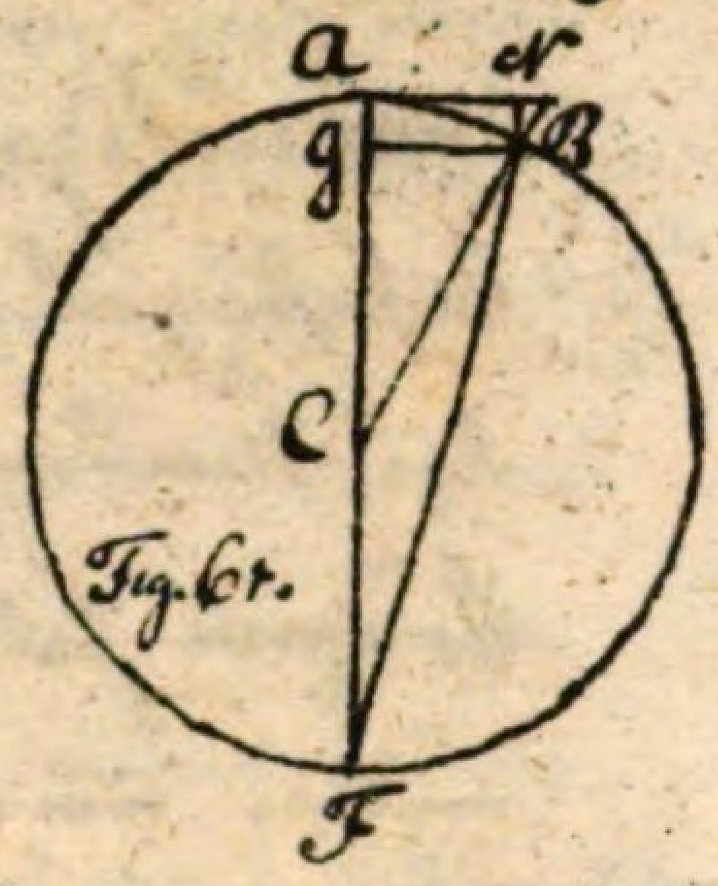


Fig. 61.

Während der Körper vermöge seiner Tangential=kraft von A nach N kommen, und dadurch seine Entfernung von dem Punkte C aus um das Stückchen BN vergrößern würde, treibt ihn die Central=kraft während derselben Zeit t, um das Stück ag=NB gegen den Mittelpunkt C, damit er von dem Punkte C immer gleichweit entfernt bleiben könne. Würde die gegen den Punkt C gerichtete Kraft den bewegten Körper während der Zeit t um ein kleineres, oder größeres Stück als NB, gegen den Mittelpunkt C treiben; so würde im ersten Falle, seine Bahn zwischen der Tangente AN, und dem Bogen AB, durchlaufen; im 2ten Falle aber innerhalb des Bogens AB fallen; und die Bahn welche alsdann der Körper beschreibt, würde nimmermehr die Umfang eines Kreises seyn.
Da im Kreise die Richtung der Centralkraft auf jener der Tangen=tialkraft senkrecht ist, so bringt sie auf die Tangential Geschwindig=keit keine Veränderung hervor, so wie die Schwerkraft auf die Änderung der Geschwindigkeit eines auf einer vollkommen glatten horizontalen Fläche bewegten Körpers, keinen Einfluß hat; die Kreisbewegung also, wenn außer der Central kraft auf den mit einer Geschwindigkeit begabten Körper keine andere Kraft wirkt, ist demnach eine gleichförmige und somit ist bei dieser der zurückgelegte Weg gleich der Geschwindigkeit des Körpers, multiplizirt mit der Anzahl Sekunden, die während der Bewegung verstrichen sind; d. h. in der Kreisbewegung verhalten sich die von 2 Körpern durchlaufenen Räume, wie die Produkte der Geschwindigkeiten in ihre

Umlaufszeiten. — Ist der Körper A mittelst eines Fadens in C befestiget so ist die Gewalt p mit welcher der Körper A bei der Umdrehung den Faden spannt, oder der Faden den Körper hält, die Centralkraft. Sie wird angewendet wenn man eine an einem Faden befestigte Bleykugel horizontal herumschwingt.

Setzt man den Halbmesser des Kreises AC = r, die Masse des Körpers A = m, die Zeit in welcher dieser Körper im Kreise einmal herumläuft = t Sekunden, dessen Geschwindigkeit oder dessen in einer Sekunde zurückgelegte Weg AB = c, so ist der Umfang des Kreises welchen der Körper in t Sekunden zurücklegt = $2r\pi$, folglich $t = \frac{2r\pi}{c}$.

Da ferner AB wie aus der Geometrie bekannt wegen ihrer Kleinheit als die mittlere Proportionale zwischen AG und AF angenommen werden kann, so wird für den Kreis die gleichzeitige Centralgeschwindigkeit $v = \frac{c^2}{2r}$, woraus $c = \sqrt{2rv}$.

Die Spannung des Fadens als mechanische Kraft betrachtet ist

$$p = \frac{c^2 m}{2r\sigma} \text{ oder } p = \frac{2r\pi^2 m}{\sigma t^2}$$

und die vortheilhafteste Umlaufszeit

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{r}{2\sigma}}.$$

Diese Resultate sind nicht nur in dem Falle anwendbar, in welchem die kreisförmige Bewegung durch eine gezwungene Bedrehung hervorgebracht wird, als durch den Zug eines Fadens, oder der Anzug eines festen Bandes in dem der Körper sich zu bewegen genöthiget wird, sondern selbst auch auf die freye kreisförmige Bewegung, deren Entwickelung hier nicht unser Zweck ist.

So dehnen sich die Ränder einer Schleuder aus, wenn man sie um schwingt, und man fühlt die Spannung derselben um so stärker je rascher der Umschwung geschieht, diese Spannung ist $p = \frac{mc^2}{2rg}$ Läßt man einen derselben los, wodurch der bewegte Körper frey wird, so fliegt er in der Richtung der Tangente davon; hält man aber die Ränder der Schleuder fest, stets die Bewegung beschleunigend, so kann die Fliehkraft so sehr anwachsen daß sie dieselbe durch die Spannung zerreißt, und dann fliegt der bewegte Körper ebenfalls in der Richtung der Tangente fort, die man an den Punkt seiner Bahn zieht, in welchem er sich in dem Augenblicke befand als der Band riß. Eine ähnliche Kraft erzeugt sich gleichfalls in jedem Punkte der Oberfläche, und im Innern eines festen Körpers, den man nöthigt sich um eine Axe zu drehen. Die kleinen materiellen Theilchen, aus denen dieser Körper besteht können alsdann als eben so viele bewegte Körper betrachtet werden, von denen jedes seine Fliehkraft besitzt, und die von der Größe der Kreises den sie beschreiben und ihrer Geschwindigkeit abhängt. Vermöge ihrer festen Verbindung unter einander sind sie genöthigt ihren Umlauf sämtlich in gleicher Zeit zu vollenden, so daß ihre Geschwindigkeiten sich wie die Halbmesser der beschriebenen Kreise verhalten, also werden bei gleichförmiger Bewegung die Fliehkräfte selbst mit diesen Halbmessern verhältnißmäßig seyn, und die Theilchen um so stärkeres Bestreben äußern sich loszumachen, je weiter sie durch ihre Lage im Körper von der Axe der Bewegung entfernt sind, und wenn der Körper sich nicht trennen soll so muß der Zusammenhalt der Theilchen diese Bestrebungen überwiegen.

Stellt man sich die Masse eines Körpers m der 12 ℔ wiegt, in einem Punkte vereinigt vor, und setzt, daß sich der Körper auf einer Horizontalen Fläche an einem 3 Fuß langen Faden = r, mit einer Geschwindigkeit

von 5 Fuß = c im Kreise bewegt, so findet man die Fliehkraft wegen
$p = \frac{c^2 m}{2 r g}$, $p = \frac{25 . 12}{2 . 3 . 16,8}$ = 3 ℔; und so stark muß auch dieser Faden seyn, welcher den Körper hält. So verbreitet in der Mahlmühle ein lockerer Läufer vermöge seiner Schwungkraft, und hält neben den Bodenstein nieder; wäre deren Masse am Umfange nicht gleichförmig vertheilt ist, drücken die Wellzapfen vermöge der Schwungkraft. Ist die Masse am Umfange eines Rades gleichförmig vertheilt, so hält die Umdrehung dieses Rades viel schwerer, je größer die Masse, und je größer ihre Entfernung von der Bewegungsaxe, oder je größer ihre Geschwindigkeit ist. — Wenn z. B. das größere Rad ABC, dreymal so schwer ist als das kleinere abc, und ist ihr Halbmesser auch 3mal größer als jener des kleinern, und man will daß die Umlaufszeiten beiden Rädern sich gleich sind, so wird sich auch die Größe der Bewegung des größern Rades, zu jener des kleinern, wie 3×3 : 1×1 oder wie 9 : 1 verhalten — Würde abc dreymal so schwer als jetzt genommen, so würden sich bei gleicher Umlaufszeit auch die Größen der Bewegung wie 9 : 3 d. i. wie 3 : 1 verhalten. Will man also in einer gegebenen Masse eine größere Quantität der Bewegung anhäufen, so hat man Vortheil, wenn man diese Massen in einem Umfang von größerm Halbmesser vertheilet, es wird dadurch bei geringerer Überladung der Unterstützungspunkte dennoch derselbe Endzweck erreicht, welches für Maschinen von größter Wichtigkeit ist. Durch dieses Mittel kann ein großes Rad welches mit einer constanten Bewegung begabt ist, wenn zufällige Unregelmäßigkeiten, oder Ungleichheiten entstehen sollten, die in der Bewegung derselben Beschleunigung oder Verzögerung verursachten, eine sehr beträchtliche Quantität der Bewegung erhalten, oder verlieren, ohne daß dadurch ihre Geschwindigkeit

stark verändert werden. Ein solches Rad wirkt wie ein Conservator der Kräfte, wie ein Regulator, welche oft sehr nützliche Effekte hervorbringen, man nennt sie Schwungräder. Auch bei diesen darf die Stärke der Verbindung des Mittelpunktes der Bewegung mit dem Kranze oder den Schwungkugeln nicht kleiner als $\frac{mc^2}{2r\sigma}$ seyn.

Ein Beyspiel über die Kreisbewegung gibt uns die Berechnung der Fliehkraft unter dem Equator auf der Oberfläche unserer Erde in bair. Fußmaaß.

Auflösung. Es ist $v = \frac{c^2}{2r}$. Nun beträgt unter dem Aequator der Radius der Erde 21847685 bair. Fuß, also ist der Umfang der Erde $S = 2r\pi = 2 \cdot 21847685 \cdot 3,14 = 137203462$ bair. Fuß — ferner ist die Geschwindigkeit c eines Punktes der Oberfläche unter dem Aequator = dem Umfange dividirt durch die Umlaufzeit d.i. $c = \frac{2r\pi}{t}$. Nun beschreibt ein im Umfange dieser Kugel liegender Körper denselben in der Zeit von 23 St. 56 M. 4 Sec. = 86164 Sekunden. dieses macht auf die Sekunde eine Geschwindigkeit $c = \frac{137203462}{86164}$ $= 1593$ bair. Fuß, und somit wird wegen $v = \frac{c^2}{2r}$, die Fliehkraft auf der Oberfläche des Aequators $v = \frac{(1593)^2}{43695370} = \frac{2437649}{43695370}$ $= 0,058$ bair. Fuß, welche der Körper in einer Zeit-Sekunde in einer mit der Schwere entgegengesetzten Richtung beschreibt. dabei läßt ihn aber der Überschuß der Schwerkraft über die Fliehkraft an diesem Orte durch einen Raum von 16,7538 Fuß fallen — hieraus folgt daß vermöge der Schwerkraft allein er durch einen Raum von $16,7538 + 0,058 = 16,8118$ bair. Fuß fallen würde. Theilt man diese Zahl mit 0,058 so erhält man 289 zum Quotienten oder $\frac{v}{\sigma} = \frac{1}{289}$ d.h. die Fliehkraft beträgt unter dem Equator $\frac{1}{289}$ von der Schwerkraft.

Dieses Verhältniß würde sich der Einheit nähern, wenn die Umdrehung der Erde sich beschleunigte, und es würde wie das Quadrat der Geschwindigkeit wachsen. Da nun 289 das Quadrat von 17 ist so ergibt sich, daß wofern die Geschwindigkeit des Umlaufes unserer Erde 17mal schneller würde, die Fliehkraft unter dem Equator $0{,}058 \times 17^2$ gleich der Schwerkraft $+6{,}8$ seyn würde. und die an diesem Orte sich befindenden Körper würden aufhören gegen die Erde schwer zu seyn.

Die Pendelbewegung.

Wenn ein schwerer Körper an einer festen Axe aufgehangen, und ein wenig von der lothrechten Richtung entfernet wird; so bewegt sich derselbe auf beiden Seiten dieser Richtung hin und her – man nennet eine solche Bewegung die schwingende, oder Pendelbewegung. Die festen Körper welche auf diese Art bewegt werden, und durch welche auch der Gang der Uhren die nie so genaue Zeitmaß abgeben geordnet wird, heißen Pendel.

Der einfachste Fall einer solchen Bewegung ist der, wo ein einzeln schwerer materieller Punkt wie M_1 an dem Ende eines nicht ausdehnbaren unbiegsamen Fadens CM_1, der mit seinem obern Ende an einem festen Punkt C aufgehangen ist, schwingt. Denkt man sich Anfangs den Faden lothrecht, und den materiellen Punkt in Ruhe, so wird er unveränderlich in diesem Zustande beharren, wofern er nicht durch einen Stoß von der Seite aus dieser Lage gebracht wird, denn alles Bestreben um ihn fallen zu machen, wird durch den Widerstand des Fadens aufgehoben. Versetzt aber diesen Punkt wurde aus der lothrechten Linie gebracht, indem man auch den Faden welcher ihn trägt aus seiner Richtung bringt, und wenn er hierauf sich selbst überlassen, so wird die Schwerkraft ihn wieder in seine erste

Lage zurückzubringen streben, indem sie durch den Widerstand des Fadens, der nun mit der Richtung der Schwere einen Winkel macht, nicht ganz aufgehoben wird.

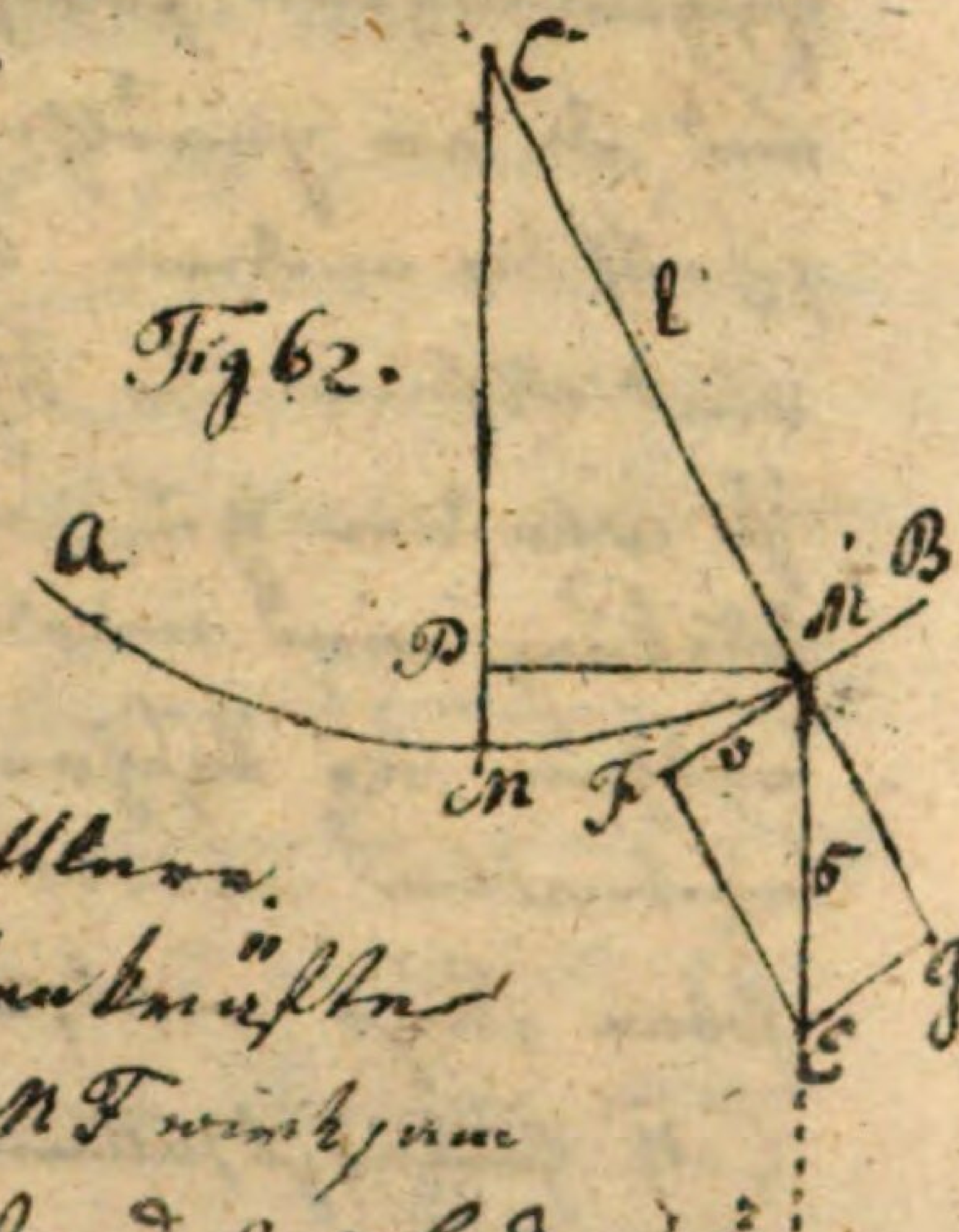


Fig 62.

Um dieses anschaulicher zu machen denke man sich durch die neue Lage M' des bewegten Körpers eine lothrechte Linie Mz gezogen, auf welcher eine willkürliche Länge ME genommen wird, um die absolute Größe der Bewegung auszudrücken; dieses ME als mittlere Kraft betrachtet, theilet sich in die zwey Seitenkräfte M'G und M'F, von welchen nur die letztere M'F wirksam bleibt, indem die erste M'G durch den Widerstand des Fadens aufgehoben wird. Der bewegte Körper strebt demnach nach der Richtung der Tangente M'F mit der Kraft $M'F = v = \frac{\sigma \cdot M'P}{CM}$ zu sinken. Wiederholet man dieselbe Zeichnung in den verschiedenen Punkten des Bogens AB, und drücket man stets die Schwerkraft σ durch gleiche Längen aus, so sieht man, daß die Seitenkraft $v = \frac{\sigma \cdot M'P}{M'C}$ in dem Verhältnisse abnimmt, in welchem sich der bewegte Körper M' dem tiefsten Punkte M des Bogens nähert, und in dem Punkte M selbst, wo der Widerstand des Fadens das ganze Bestreben der Schwere aufhebt, gleich Null werde.

Die Bewegung wird auf diese Art zwar im abwärts gehen sich beschleunigen, da der bewegte Körper durch eine stets thätige Kraft angeregt wird, sie wird aber nicht eine gleichförmig beschleunigte seyn, weil sich die accelerirende Fallkraft v nicht gleich bleibt, sondern von ihrem höchsten Punkte M', an, bis zu dem tiefsten M beständig abnimmt, in welchem letztern sie sogar = 0 wird, indem alda die ganze Schwere des Körpers von dem Faden CM getragen wird.

Aber vermöge der Trägheit wird der Körper seine Bewegung mit der Geschwindigkeit fortsetzen, welche er vorher erhalten hatte; und da er genöthiget ist einen Kreis zu beschreiben, so wird er sich auf der andern Seite der lothrechten Linie erheben. Nun wird alsdann die Schwerkraft, welche nicht ganz aufgehoben ist, auf ihn wieder zu wirken anfangen, und die Intensität ihrer Wirkung wird in dem Verhältnisse wachsen, als er in dem Bogen welchen er beschreibt höher steigt, es wird demnach ein Zeitabschnitt eintretten wo die Geschwindigkeit des ersten Anstosses aufgehoben seyn wird, und der Körper wieder gegen die Verticale CM herabzufallen beginnet; er wird eben so auf der andern Seite wieder steigen, hinabfallen um abermals zu steigen, so werden die Schwingungen ins unbestimmte dieß und jenseits der CM durch A und B fortgehen. — Da dieses hin= und hergehen stets durch Ursachen welche gänzlich dieselben sind bestimmt wird, so werden auch die aufeinander folgenden Schwingungen gleichzeitig seyn, wofern nur keine Reibung, kein Widerstand, kein anderes Hinderniß die Schwingungen schwächt, oder aufhält. Wird aber ein materielles oder physisches Pendel in Bewegung gesetzt, so überzeugt man sich bald daß die Weite der beschriebenen Bögen nach und nach abnimt, und die Schwingung endlich ganz aufhört. — Diese nach und nach eintrettende Verminderung der Bewegung rühret zum Theil von der im Aufhängpunkte statt findenden Reibung her, noch mehr aber trägt hiezu der Widerstand bei, welchen die Luft der Bewegung des schwerern Körpers entgegensetzet. Dieser Widerstand, welcher stets seiner Geschwindigkeit entgegen wirket verlängert die Dauer der herabgehenden halb Schwingung, und

verkürzet die der aufsteigenden beinahe um dieselbe Größe, so daß die Summe dieser beiden Hälften fast ganz dieselbe bleibt; so, als ob die Schwingungen im luftleeren Raume erfolgt wären. Mißt man die Länge des Pendels dessen man sich bedienet, und beobachtet die Dauer der Schwingungen, so kann man, wenn man sie durch Anwendung auf den idealen Fall eines einfachen Pendels zurückführet mehrere wichtige Resultate bestimmen.

Um ein materielles Pendel auf ein einfaches zu reduziren, muß man die Gestalt und die Dichte der Theile kennen aus denen das zusammengesetzte Pendel bestehet, jenes welches bei uns gebraucht wird bestehet aus einer Stange, oder aus einem System metallener Stangen, an deren untern Theile sich ebenfalls eine metallene Linse befindet, welche am Rande sehr dünn zugeschärft wird und sehr schwer ist, damit sie desto kräftiger die Luft durchschneide, und von derselben weniger Widerstand erfahre. Will man ein solches Pendel auf ein einfaches reduziren, so darf man nur die Länge des einfachen Pendels bestimmen dessen Schwingungszeit einerley mit jener des gegebenen ist — demzufolge bemerkte man: Wenn das Pendel aus einer dünnen gleich starken prismatischen Stange bestehet deren Länge = L ist, daß der Mittelpunkt der Schwingung $\frac{2}{3}$ L vom Aufhängspunkte entfernet sey. So würde eine Metallstange von 859,11 bein Linien in der Länge Secunden schwingen da $859 \times \frac{2}{3} = 492{,}74$ bein Linien = der Länge des einfachen Secunden Pendels ist.

besitzet diese Stange wie gewöhnlich noch einen linsenförmigen schweren Körper, dessen Gewicht = q Lth, und jenes der Stange = p Lth ist, so ist die Entfernung des Mittelpunktes der Schwingung vom Aufhängpunkte, oder die Länge des einfachen Pendels $l = \frac{(\frac{1}{3}p+q)\,L}{\frac{1}{2}p+q}$, und die Entfernung des Aufhängpunktes einer Stange vom Mittelpunkte der Linse $L = \frac{(\frac{1}{2}p+q)\,l}{\frac{1}{3}p+q}$;

Es sey z. B. das Gewicht der Stange $p = 18$ Loth, das Gewicht der Linse $q = 6$ Loth, und die Länge der Stange $L = 280$ Linien so ist die gesuchte Länge des einfachen Pendels
$l = \frac{(\frac{18}{3}+6)280}{\frac{18}{2}+6} = 224$ Linien, welches Pendel in einer Minute beinahe 80 Schwingungen machen wird.

Sollte dieses Pendel in einer Minute 60 Schwingungen machen, also Sekunden schwingen, so müßte bei demselben Gewichte die Länge der Stange $L = \frac{(\frac{1}{2}p+q)\,l}{\frac{1}{3}p+q}$ seyn; das heißt sie müßte auf $L = \frac{(9+6)\cdot 492{,}74}{6+6} = 615{,}925'''$ verlängert werden.

Hier wird ein für allemal angemerkt, daß für unsere Gegenden die Länge des einfachen Sekunden Pendels $l = 492{,}74$ bairische Linien $= 440{,}53$ Pariser Linien oder gleich 3,1663 Schwedische Fuß sey.

Da jedes zusammengesetzte Pendel sowohl durch Rechnung als auch durch Versuche auf ein einfaches reduzirt werden kann, und so umgekehrt, so dürfen nur mehr die Gesetze der Bewegung des einfachen Pendels untersucht werden.

Durch das Pendel läßt sich bestimmen die absolute Intensität der Schwere. Denn da die Schwingungen durch ihre Wirkung hervorgebracht werden, so müssen sie mehr oder weniger rasch seyn, je nachdem dieselbe größer oder kleiner ist. – Hieraus gehet hervor, daß diese Intensität aus der Anzahl der Schwingungen, welche ein Pendel von gegebener Länge in einer gegebenen Zeit macht, werde bestimmen lassen. Auf diese Weise hat man gefunden daß unter der Breite von Paris die Körper in der ersten Sekunde ihres Falles einen Raum von 4,9044 Metres = 16,803965 72 bair. Fuß durchlaufen (1 Metre = 3,4263 bair. Fuß gerechnet.)

Wenn l die Länge des einfachen Pendels, t die Zeitdauer einer Schwingung und σ den geringen Fallraum für die erste Sekunde bedeutet, so findet man durch mathematische Betrachtung genähert die Zeitdauer einer Pendelschwingung $t = 3,14159\sqrt{\frac{l}{2\sigma}}$, daraus ist die Länge des Pendels $l = 0,2026423\,\sigma t^2$, und die Beschleunigung der Schwere $\sigma = \frac{4,9348022\,l}{t^2}$.

Sollte der Schwung eines einfachen Pendels gerade eine Sekunde dauern, so nennt man es dann die Länge welche zu diesem einfachen Pendel gehört, die, des Sekunden Pendels; sie ist $= 0,2026423 \cdot \sigma$ – Man darf nämlich nur die Fallkraft des Ortes mit 0,2026423 multiplizieren, so gibt dieses die Länge des einfachen Sekunden Pendels; für München ist also diese Länge $= 16,803' \cdot 0,2026423 = 3,4218015669'$ $= 3', 5'', 0,74'''$ oder $= 492,74$ Linien; welche Länge übrigens auch durch Versuche gefunden werden kann.

Aufgabe Wenn die Länge eines Pendels 537,6 Linien wäre, welches wäre die Zeitdauer einer Schwingung.

Auflösung es ist $t = 3,14159\sqrt{\frac{l}{2\sigma}}$ d. i. $t = 3,14159\sqrt{\frac{537,6'''}{2.16,8.144}}$

dieses gibt $t = 3,14159 \cdot \frac{1}{3} = 1,04553$ Sekunden.

dieses Pendel würde also in einer Minute $\frac{60}{1,04553} = 57,4$ Schwingungen machen – Allgemein ist die Anzahl der Schwingungen eines Pendels in einer Minute $n = \sqrt{\frac{129,51248.6}{l}}$, und für Baiern .. $= \frac{1320,83}{\sqrt{l'''}}$

Die Länge des einfachen Pendels, welches in einem mittleren Tag von 23 St. 56 M. 4 Sek. 100000 Schwingungen machen würde findet man auf der Sternwarte zu Paris = 0,741883 Meter d.i. = 2,5419127229 bair. Fuß.

Aus den für die Berechnung der Pendel oben angegebenen Resultaten findet man ferner, daß für verschiedene einfache Pendel von ungleicher Länge, die von demselben Schwerpunkt in Oscillation versetzt werden, die Zeitdauer der Schwingungen mit den Quadratwurzeln der Längen im Verhältniß stehen, so daß, wenn die Pendel 4, 9, 16, n^2 mal verlängert werden, die Zeitdauer einer Schwingung auch 2, 3, 4, n mal größer seyn wird. oder allgemein verhält sich:

$T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$.

Ist die Frage welches die Länge eines Pendels sey, das halbe Sekunden schwingt, so findet man sie, wenn man $t = 1$ Sekunde und $l = 492,7$… setzt aus folgender Proportion:

$\frac{1}{2} : 1 = \sqrt{L} : \sqrt{492,74}$ oder

$\frac{1}{4} : 1 = L : 492,74$ daraus $L = \frac{492,74}{4} = 123,185$ Linien

Es muß nämlich weil es halbe Sekunden schwingen soll, 4 mal kürzer seyn als das Sekunden Pendel.

Aus der Formel $t = \pi\sqrt{\frac{l}{2g}}$, so wie aus $T = \sqrt{\frac{L}{2\Sigma}}$ hat man auch folgende Proportion $t : T = \sqrt{\frac{l}{g}} : \sqrt{\frac{L}{\Sigma}}$

§. 5. Die Zeitdauer der Schwingungen verschiedener Pendel die den Einflüssen verschiedener Fallkräfte ausgesetzt sind, verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Quotienten die man erhält, wenn man die Pendellängen durch die Fallkräfte dividirt — Für ein und dasselbe Pendel hingegen hat man $T : t = \sqrt{\frac{l}{G}} : \sqrt{\frac{l}{g}}$; diese Eigenschaft gibt uns ein Mittel an die Hand, die Größe der Schwerkraft auf unserer Erde unter verschiedenen Breiten zu vergleichen — Man fand dadurch, daß sie wenn man von dem Aequator gegen die Pole hingeht zunehme, welches eine Folge von der Abplattung der Erde ist.

Die Bewegung der tropfbarflüssigen Körper.

Die tropfbar flüssigen Körper sind denselben Bewegungsgesetzen unterworfen wie die festen, zudem läßt die große Verschiebbarkeit der Theilchen eine so unendliche Menge eigenthümlicher Bewegungen zu, die selbst durch sehr geringfügige Ursachen hervorgebracht werden können, und welche die allgemeine Berechnung dieser Erscheinungen oft sehr verwickeln. — Die durch ihren Nutzen wichtigsten beziehen sich auf die Bewegung einer schweren Flüssigkeit, die aus einem festen Gefäß durch eine Oeffnung ausfließt, deren Gestalt und Größe gegeben, und im Boden, oder in den Seitenwänden des Gefäßes angebracht ist. — Um die Art, wie diese Bewegung vor sich geht zu erläutern, denke man sich eine sehr dünne wagrechte Schichte die sich in irgend einer Tiefe in der Flüssigkeit befindet, und ziehe

die darauf wirkenden Kräfte in Bewegung. – Einmal wird diese Schichte von oben nach unten durch ihr eigenes Gewicht getrieben, und wäre die Gestalt des Gefäßes vollkommen cylindrisch, und der Boden desselben ganz geöffnet, so würde sie frey vermöge dieser Kraft allein fallen; macht aber die in dem Gefäße angebrachte Oeffnung nur einen Theil dieser Schichte aus, so findet diese Unabhängigkeit der Bewegung nicht statt, weil die Theilchen der Flüssigkeit, welche jede wagrechte Schichte bilden, wenn sie einmal bis zur Ebene der Mündung herabgesunken sind, nicht zugleich ausfließen können, auch nicht in dem Augenblicke in welchem sie dieselbe erlangen, und diese Verzögerung bringt eine Rückwirkung auf die obern Schichten zuwege. Ist überdieß das Gefäß nicht seiner ganzen Höhe nach cylindrisch, so muß jede wagrechte Schichte sich so zu sagen nach jeden der Schnitte des Gefäßes durch welche sie hindurchgeht formen, und so, indem sie dieselbe nicht zusammendrücken läßt, in ihrer lothrechten Dicke entweder zu, oder abnehmen, je nachdem das Gefäß enger oder weiter wird; dieß kann aber nicht geschehen ohne daß nicht einige Theilchen in wagrechter Richtung verrückt werden, sie erleiden wenigstens diese Veränderung ihrer Lage, wenn sie in die Nähe der Oeffnung kommen. Ist ferner EF geöffnet so hört die Wassersäule EFGH auf, unterstützt zu seyn, und fällt durch die Oeffnung EF heraus, dadurch wird aber auch ihr Druck auf die sie umgebenden Säulen vermindert, und der Druck der Wassersäule GHKI wird von denselben überwunden, und es strömen also die Säulen gegen die Oeffnung hin, indessen die Säule GHKI dennoch nicht aufhört auf die

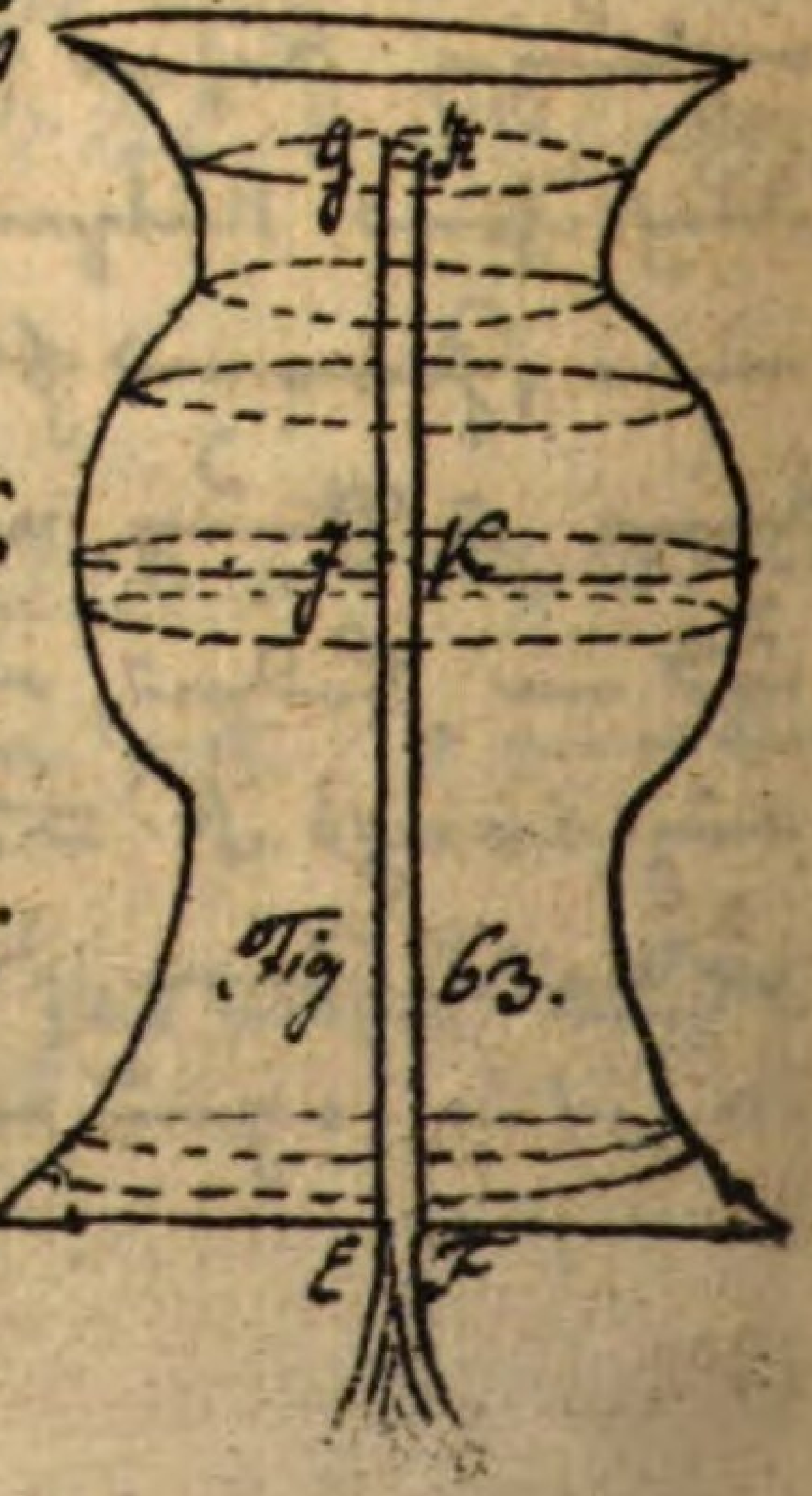
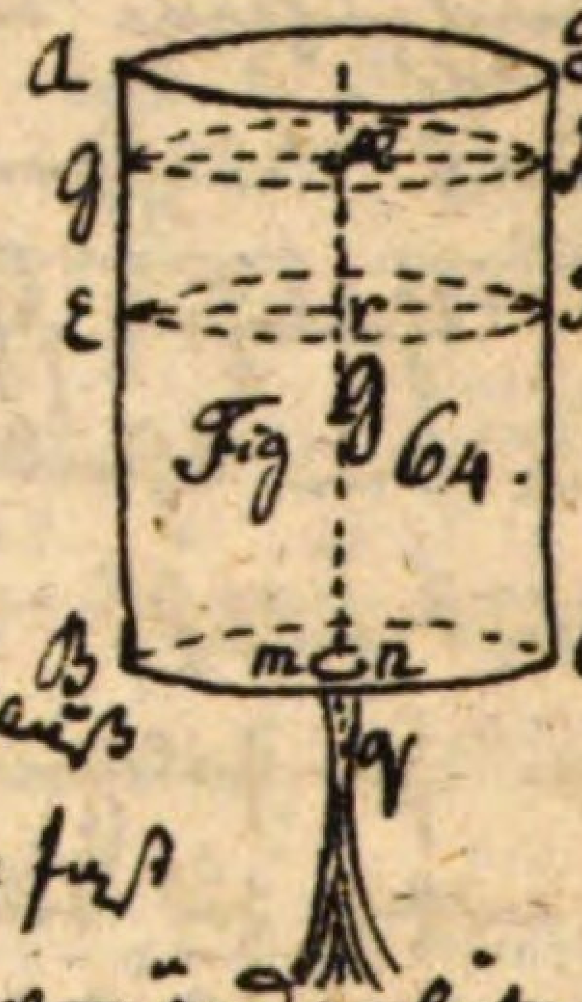


Fig. 63.

zusammen strömenden Säulen zu drücken, so wird dadurch eine zusammengesetzte Bewegung der ganzen Masse entstehen, und den Wassertrichter bilden. Diese zusammengesetzte Bewegung läßt sich in einem durchsichtigen Gefäße bemerkbar machen, wenn man mit dem ausfließenden Wasser einige kleine undurchsichtige Körperchen, fast von demselben spezifischen Gewicht wie das Wasser, z. B. gestoßenes Harz oder Siegellack verbindet. Diese Theilchen schwimmen nämlich wegen der Gleichheit der Dichte unter den Theilchen des Wassers fast mit eben der Freyheit, als diese selbst; die Bewegung welche sie annehmen und die Richtungen denen sie folgen, zeigen dem Auge die Richtung der Ströme an, welche sich bilden, und von denen sie fortgeführet werden. Allgemein findet man, daß die Theilchen welche sich der Oeffnung nähern, gegen dieselbe convergiren, so daß der Wasserstrahl nach dem Ausfließen bis auf eine gewisse Entfernung vom Gefäße sich zusammen ziehet, welches bei dem Unvermögen der Theilchen zusammen gedrückt zu werden nicht statt finden könnte, ohne daß die welche denselben Querschnitt angehören sich einander verlassen.

Die Schnitte welche auf die Axe des ausströmenden Wasserstrahles senkrecht geführet werden, nehmen immer bis auf eine gewisse Gränze hin die man den zusammengezogenen Schnitt nennt, an Größe ab; hierauf bleibt die Gestalt des Strahles einige Zeit beständig, und erweitert sich endlich garbenförmig, indem er sich mit der Luft vermischt. Diese Ungleichheit der Schnitte setzet nothwendig eine Ungleichheit der Geschwindigkeiten unter den verschiedenen Theilchen der Flüssigkeit voraus, welches wirklich die Ursache bei dieser Naturerscheinung ist. Die kleinsten Theilchen der Flüssigkeit nämlich, welche von dem Rande der Mündung ausgehen, haben anfänglich eine kleinere Geschwindigkeit als die im Mittelpunkte liegenden, ihre Bewegung wird beschleuniget

so wie sie sich dem zusammengezogenen Durchschnitt nähern. An diesem Orte ist die Geschwindigkeit aller Punkte von der Oberfläche bis zur Ae. durchgängig dieselbe – Man sieht demnach daß bei den Anwendungen der zusammengezogene Durchschnitt die wahre Mündung sey, nach welcher die Menge des in einer gewissen Zeit mit einer bestimmten Geschwindigkeit ausfließenden Wassers zu bestimmen ist.



Ist das Gefäß ABCD beinahe cylindrisch, die Höhe des Wassers über der Oeffnung sehr groß, die Oeffnung mn selbst im Vergleiche mit der Weite des Gefäßes sehr klein so lehrt die Erfahrung daß, wenn man den Abgang des aus der Oeffnung mn strömenden Wassers durch neuen Zufluß ersetzt, so daß das Gefäß beständig voll bleibt, das Wasser fast von dem ersten Augenblick der Bewegung an, mit unveränderlicher Geschwindigkeit ausläuft. – Dies kann man daraus abnehmen weil man finden wird, daß in doppelter Zeit doppelt soviel, in dreyfacher Zeit, dreymal soviel Wasser ausläuft, als in einfacher; und daß überhaupt die Menge des ausgeflossenen Wassers mit der verflossenen Zeit proportionirt sey; während die horizontalen Geschwindigkeiten der kleinsten Wassertheilchen sehr unbedeutend, und die lothrechten Geschwindigkeiten eine Kleinigkeit abgerechnet im Innern des Gefäßes für alle Theilchen derselben Schicht gleich sind. Denn wird das Wasser ohne neuen Zufluß abgelassen, so sinkt die Oberfläche des Wassers GH, und bleibt während dieses Sinkens eben, und horizontal, so daß man annehmen kann, daß alle Punkte, welche in der höchsten Oberfläche GH liegen, mit gleicher Geschwindigkeit vertical niederwärts sinken – dies gilt auch von allen übrigen horizontalen Querschnitten EF die dem Boden BC nicht sehr nahe liegen.

Man kann sich daher das Ganze so vorstellen, als wenn die ganze Masse in einem solchen Querschnitte in seinem Schwerpunkte g, wie bei festen Körpern vereinigt wäre, und die Bewegung des Schwerpunktes g eines solchen Querschnittes betrachten. Und die Schwerpunkte aller horizontalen Querschnitte des ganzen Wasserkörpers EFBC in einer geraden vertikalen Linie Aq, und der Schwerpunkt q der Oeffnung mit dem Schwerpunkte der Grundfläche einerley, so wird die Linie der Schwerpunkte, oder die centrische Linie Aq auf alle Durchschnitte senkrecht seyn; und weil alle Punkte die in einem und demselben Querschnitte EF liegen, mit dieser Linie nach parallelen Richtungen fortgehen, so kann man dieselbe als den Weg betrachten nach welchem jeder der Querschnitte fortgehet, während das Wasser durch die Oeffnung mn ausströmet. – Diese besondere Betrachtung in die Rechnung eingeführt vereinfacht sie hinreichend um alle Folgerungen daraus ableiten zu können:

Hieraus ergeben sich nachstehende Gesetze, welche aber nur für den Fall gelten wo die Oeffnung aus welcher der Ausfluss erfolgt im Vergleich gegen die Dimensionen der Wassermasse sehr klein ist.

1) Fließt Wasser, oder eine andere vollkommen tropfbare Flüssigkeit aus einem Gefäße durch eine sehr enge Oeffnung vermöge seiner Schwere allein aus, so wird die Geschwindigkeit der Flüssigkeit bei ihrem Ausfließen gleich der eines schweren Körpers seyn, der im freyen Falle von der Oberfläche bis zur Ebene, in welcher sich die Ausflußöffnung befindet herabgefallen wäre.

Daher wenn h die vertikale Höhe des Wassers über dem Schwerpunkte der Ausgußmündung und c die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers bedeutet, wird $c = 2\sqrt{hg}$ seyn.

Diese Formel für die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers ergibt sich sowohl in dem Falle, in welchem durch stetes Zufließen neuer Flüssigkeit der Wasserstand auf derselben Höhe erhalten wird, als auch in dem Falle in dem die Flüssigkeit einen fremdartigen Druck erleidet, der einer gleich hohen Wassersäule entspricht.

Dieser Erfahrungsbeweis gilt auch für den Fall wo sich das Gefäß nach und nach leert verhältnißmäßig mit der jedesmal betreffenden Höhe des Wasserstandes.

Multiplizirt man die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers mit dem Durchschnitte des zusammengezogenen Wasserstrahles, so gibt das Produkt den Rauminhalt des Wasser Cylinders der auf diese Art in einer Zeit=Sekunde ausfließt, wor=nach sich dann die in irgend einer gegebenen Zeit ausfließende Wassermenge bestimmen läßt.

Würde man die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers mit der ganzen Fläche der Ausgußmündung multipliziren, so würde die also berechnete Wassermenge größer seyn, als die in derselben Zeit wirklich ausgeflossene. Dividirt man aber die wirklich ausgeflossene Wassermenge durch die nach der ganzen Fläche der Ausgußmündung berechnete, so gibt dieser Bruch das Verhältniß Durchschnitt des zusammengezogenen Wasserstrahles zur Öffnungsfläche.

Die bequemste Vorrichtung zu dieser Art von Versuchen ist eine große Wanne in deren Seitenwänden sich Öffnungen von verschie=denen Gestalt und Größe befinden, welche vermittelst eines Schiebers augenblicklich geöffnet und verschlossen werden können. Die Wanne wird mit Wasser oder derjenigen Flüssigkeit angefüllt welche zum Gegenstand der Beobachtung dienen soll und zugleich derselbe Wasserstand dadurch erhalten, daß man einen steten Strom zuleitet und in der bestimmten Höhe aus der anderen Seite der Wanne durch eine größere angebrachte Öffnung der Flüssigkeit einen freyen Ausfluß gestattet. Alsdann wird der Theil des Wasserstrahles, der noch nicht durch die Berührung mit der Luft getrennt ist wie ein völlig reiner Crystall aussehen, so daß dessen geometrischer Durchschnitt sowohl durch Vergleichung der ausgeflossenen Wassermenge als durch Messung bestimmen lassen.

Durch diese Versuche findet man daß der Querschnitt des zusammengezogenen Wasserstrahls sich zur Oeffnungsfläche verhalte 1) für eine Ausflußoeffnung in einer dünnen Metallplatte wie 64 : 100, und 2) in einer kurzen Ansatzröhre wie 81 : 100 so daß für die Oeffnungsfläche f in einer dünnen Metallplatte, der Querschnitt des zusammengezogenen Wasserstrahls $= 0{,}64\,f$ und jener in einer kurzen Ansatzröhren $= 0{,}81\,f$ ist.

Der Zusammenziehungs Coeffizient 0,64 oder 0,81, den wir überhaupt $= \alpha$ setzen wird gefunden wenn man die in einer bestimmten Zeit wirklich aus einer Oeffnung geflossene Menge Wasser m, mit der nach dem Wasserstand und der wirklichen Oeffnung f berechneten dividirt. Es ist aber die berechnete Menge Wasser M, die aus einer Oeffnung f, ohne Rücksicht auf die Zusammenziehung des Wasserstrahls ausfließen würde = der Geschwindigkeit, multiplizirt mit der Oeffnungsfläche, und dieses Produkt noch mit der Zeit des Ausflußes multiplizirt also $M = Cft$. und somit ist $\alpha = \frac{m}{Cft}$, welches für α immer einen kleinern Werth als 1 gibt, indem die Berechnung $M = Cft$ immer ein größeres Resultat gibt als die in derselben Zeit wirklich ausgeflossene Menge Wasser beträgt. Bei Berücksichtigung dieses, und dessen, daß die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers (Seite 159) $C = 2\sqrt{h\sigma}$ ist, findet man die Gesetze des Ausflußes des Wassers aus Oeffnungen in folgenden Formeln entwickelt.

$$\alpha = \frac{m}{2tf\sqrt{h\sigma}} \qquad h = \frac{m^2}{4\alpha^2 t^2 f^2 \sigma}$$

$$m = 2\alpha t f\sqrt{h\sigma} \qquad t = \frac{m}{2\alpha f t\sqrt{h\sigma}}$$

$$f = \frac{m}{2\alpha t\sqrt{h\sigma}}$$

und endlich wenn die Oeffnung rund ist und ihr Durchmesser heißt d so hat man $f = \frac{d^2\pi}{4}$.

Es sey z. B. der Durchmesser einer kreisrunden Oeffnung = 6 Linien die Höhe des Wasserstandes über dem Mittelpunkte der Oeffnung = 4 Fuß, und die Zeit des Ausflußes = 60 Sekunden, so ist demnach $f = \frac{d^2\pi}{4} = \frac{6^2 \cdot 3{,}14}{4} = 28{,}26 \square'''$ und ferner wird, wegen $m = 2\alpha t f \sqrt{h\sigma}$, wenn die Oeffnung in einer kurzen Ansatzröhre ist; $m = 2 \cdot 0{,}81 \cdot 60 \times 28{,}26 \square''' \sqrt{4 \cdot 12 \cdot 12 \cdot 16{,}8 \cdot 144''}$

das ist $m = 60 \times 45{,}7812 \sqrt{1725235{,}2} = 60 \cdot 45{,}7812 \cdot 1314$

$m = 3609389$ Kubiklinien oder $= 2088{,}8$ Kubikzoll und 74,3 Kubikzoll auf eine Maß gerechnet = 28 Maß weniger 16 Kubikz.

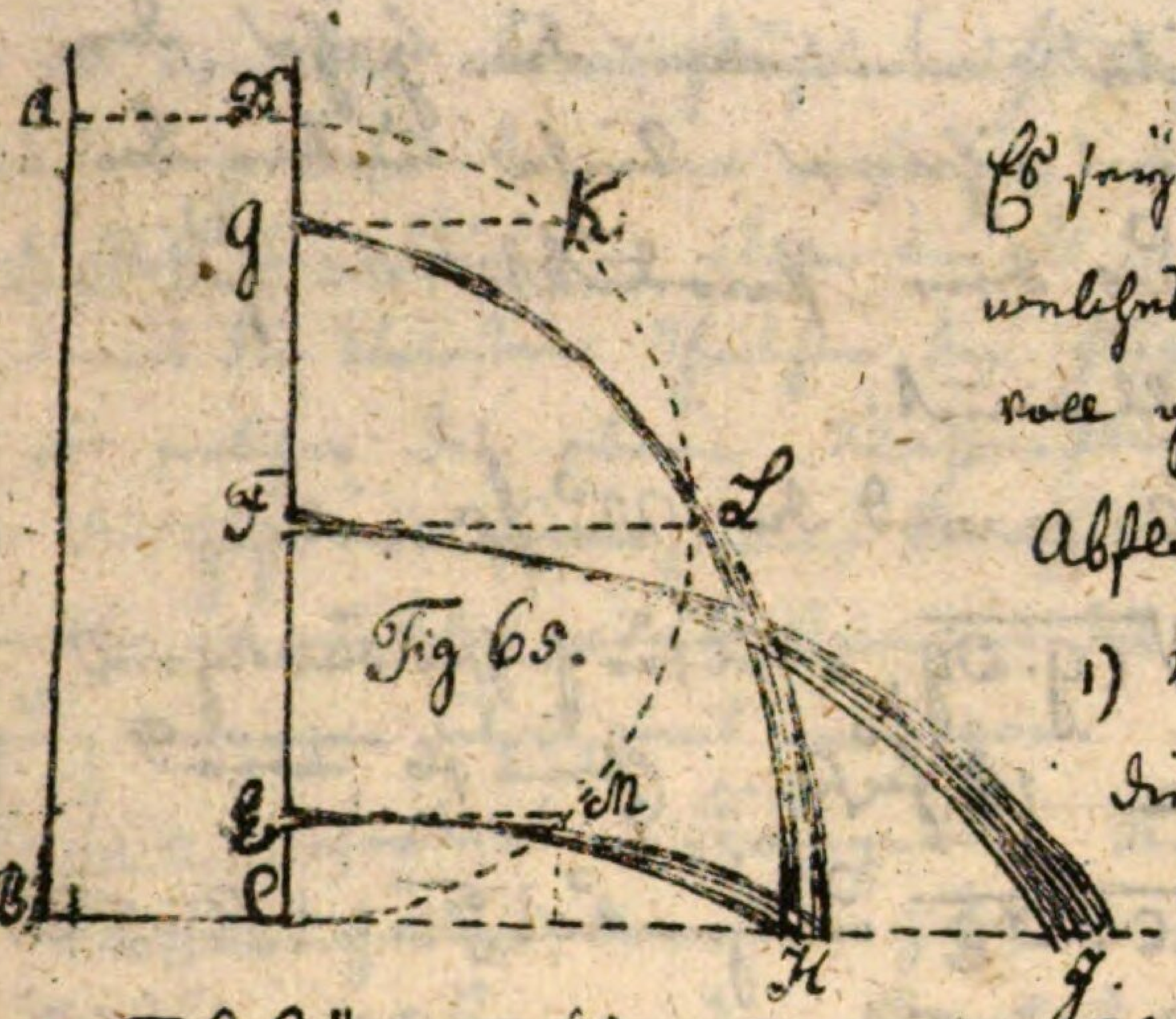
Eben so wie $m = 2\alpha f t \sqrt{h\sigma}$ ist, hat man auch für jeden andern Wasserstand und Ausflußöffnung die Formel $M = 2\alpha F T \sqrt{H\sigma}$ und aus beiden die Proportion.

$M : m = TF\sqrt{H} : tf\sqrt{h}$ oder bei kreisrunden Oeffnungen

$M : m = TD^2\sqrt{H} : td^2\sqrt{h}$ und daraus ist $M = \frac{m \cdot TD^2\sqrt{H}}{td^2\sqrt{h}}$

Die oben angeführten Formeln und Proportionen sind sowohl anwendbar wenn das Wasser aus einer Bodenöffnung oder Seiten-Oeffnung fließt.

Fließt das Wasser aus einer Seitenöffnung so beschreibt der Strahl keine gerade, sondern eine krumme Linie, diese, welche als durch die Mitte des Fadens gehend angenommen wird, ist stets bestimmt, die Seitenöffnung mag tief oder hoch liegen; denn sie weicht nicht merklich, von der durch den Unterschied der angemessenen Höhe bedingten Parabel. Man betrachte nun zufolge das Ausfließen des Wassers aus einer Mündung die nicht vollkommen [illegible] ist.



Es sey ABCD ein mit Wasser gefülltes Gefäß, welches durch einen Zufluß immer bis AD voll gehalten wird; in E, F und G, seyen Abflußmündungen angebracht, so wird

1) wenn F der Mittelpunkt von CD ist die Wurfsweite CJ des Strahles aus F die größte, und gleich 2FL seyn – die andern Wurfsweiten CH aus E und G wenn diese Oeffnungen gleich weit von F abstehen, sind sich einander gleich; und jede ist gleich 2 EM oder 2 GK. sobald durchaus von dem Widerstande der Luft abstrahiert wird; mit Einrechnung dieses aber ergibt sich, daß die größte Wurfsweite dennoch allezeit kleiner seyn muß, als die Höhe des Wasserstandes über der Bodenfläche. –

Wenn der Strahl aus der Oeffnung F, G oder E dringt so wird derselbe in seinem Fortgange durch zwei Kräfte solizitirt, und zwar nach horizontaler Richtung mit der Wurfkraft die sich nach der Höhe des Wasserstandes über der Oeffnung richtet, und von der Schwerkraft die ihn zugleich gegen den Mittelpunkt der Erde antreibt. Die Wassertheilchen des Strahles beschreiben demnach im luftleeren Raume eine Parabel, und in der Luft die gewöhnlich ballistische Linie, und man wird die eine aus der andern herzuleiten können.

Im luftleeren Raume ist wenn die Wurfsweite CH oder CJ = CW die Höhe der Oeffnung über dem wagrechten Boden CE oder CF oder CG = x und die Tiefe dieser Oeffnung unter der obersten Wasserfläche DE DF oder DG = h gesetzt wird, die Wurfsweite $CW = 2\sqrt{hx}$

man erhält nämlich die Wurfsweite, wenn man die Höhe der Oeffnung über dem Boden, mit ihrer Tiefe unter der Wasserfläche multiplizirt, aus dem Produkte die Quadratwurzel ziehet, und diese doppelt nimt.

Wäre z. B. $CG = 32$, und $DG = 2$ Fuß, so wird die Wurfsweite aus G . . das ist $CH = 2\sqrt{CG \cdot DG}$; oder für gegenwärtigen Fall $CH = 2\sqrt{32 \cdot 2} = 16$ Fuß. Eben so wird die Wurfsweite aus $E = 2\sqrt{EC \cdot DE}$ und jene aus $F = 2\sqrt{FC \cdot FD}$. Beschreibt man aus dem Mittelpunkte F der ganzen Wasserhöhe einen Halbkreis $DKLMC$, und ziehet an den Umfang die Senkrechten EM, FL, GK. so hat man, wie aus der Geometrie bekannt, $EM = \sqrt{EC \cdot DE}$; daher ist auch die Wurfsweite aus $E = 2\,EM$; so ist $GK = \sqrt{CG \cdot DG}$ also auch die Wurfsweite aus $G = 2\,GK$ und so auch jene aus F im letzteren Kreise $= 2FL$ oder $= DC$.

Ist die Fläche der Mündung wagrecht, und der Druck von unten nach oben, so steigt die Flüssigkeit. Um diesen Fall in der Anschauung darzustellen, sey $ABCD$ ein lothrechtes Gefäß dessen Grundfläche mit einem wagrechten Kanal CG in Verbindung stehet, der an seiner Oberfläche eine kleine Oeffnung G von beliebiger Gestalt hat. Wird nun das Gefäß und der Kanal mit Wasser gefüllet, und hierauf die Mündung in G geöffnet, so wird die Flüssigkeit lothrecht in die Höhe steigen, und einen Springbrunnen darstellen.

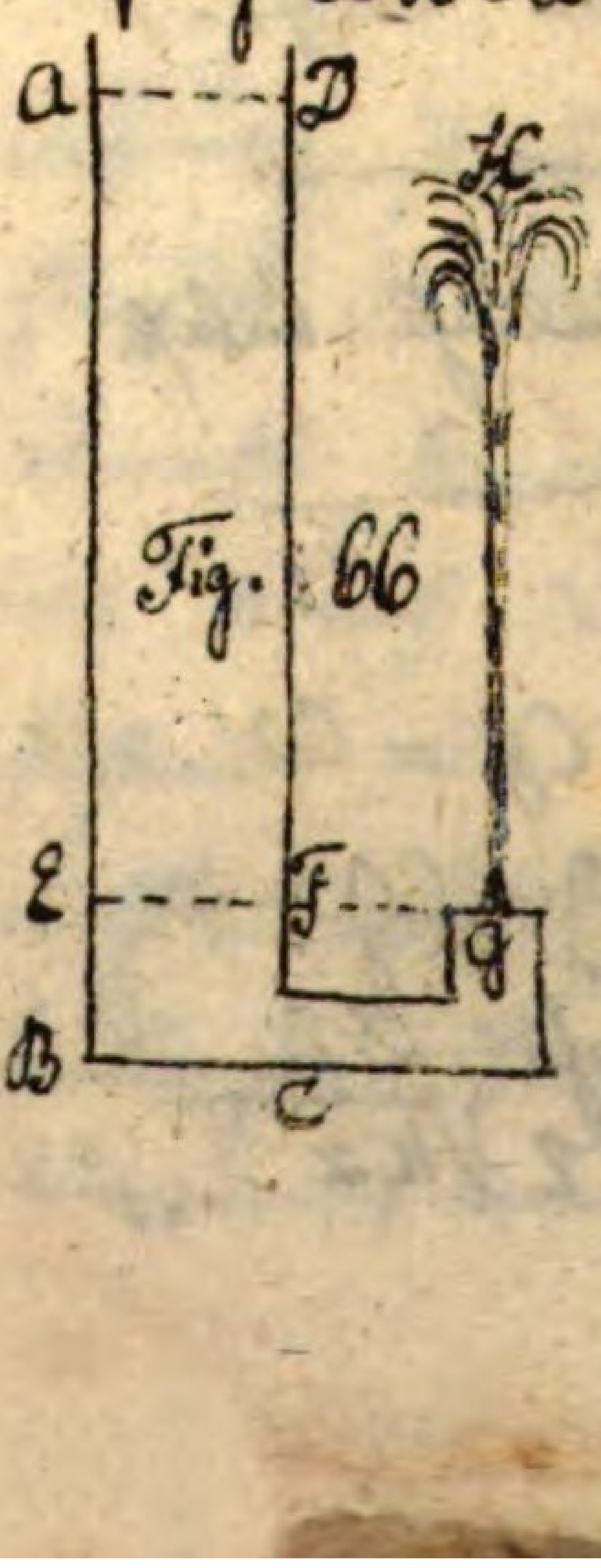


Fig. 66

Die bewegende Kraft in G wird der Geschwindigkeit gleich seyn, die ein schwerer Körper durch den freyen Fall erlangen würde,

wenn er von der obern fläche der flüssigkeit bis zu der Stelle, wo sich die Oeffnung befindet, oder richtiger bis zu dem zusammengezogenen Durchschnitt herabfiele — diese Kraft ist genau der gleich, welche erfordert wird, damit die kleinsten Theilchen der flüssigkeit bis zu der wagerechten Ebene in welcher die obere Wasserfläche liegt aufsteigen. Demnach würde die Höhe des springenden Strahls in der Leere seyn, allein die Höhe welche er wirklich erreicht, ist wegen des Widerstandes welchen die Luft der Bewegung entgegen setzet, weit geringer.

Nach Mariotte erfordert ein springender Strahl, von 5 fuß lothrechter Höhe einen Wasserbehälter, der eine Höhe von 5 fuß 1 zoll hat, oder allgemein wenn die Höhe des springenden Strahles = a fuß ist, so muß die Höhe des Wasserstandes $A = a + \frac{a^2}{300}$ fuß seyn, so folgende Tabelle gibt.

Höhe des Wasserstrahles	5 fuß -	Höhe des Wasserstandes	5 fuß 1 zoll.
" " "	10 "	" " "	10' " 4"
" " "	15 "	" " "	15 " 9"
" " "	20 "	" " "	21 " 4"
" " "	25	" " "	27 " 1"
" " "	30	" " "	33 "
" " "	35	" " "	39 " 1"
" " "	40	" " "	45 " 4"
" " "	a fuß	" " "	$a + \frac{a^2}{300}$ fuß

Sollte z. B. der springende Wasserstrahl 100 fuß Höhe haben, so wird die Höhe des Wasserstandes $= 100' + \frac{(100)^2}{300}$ fuß $= 133\frac{1}{3}$ fuß.

Umgekehrt wenn die Höhe des Wasserstandes A gegeben ist wird die Höhe des springenden Strahles $a = 10\sqrt{3A + 225} - 150$ seyn.

Ist nämlich die Höhe des Wasserstandes $A = 33$ fuß, so wird die Höhe des Wasserstrahles $a = 10\sqrt{3.33 + 225} - 150$, das ist $= 30$ fuß.

Diese Berechnung setzet voraus, daß die Wände der Mündungen geräumig genug sind, damit das Reiben der flüssigkeit an dem Rande derselben die

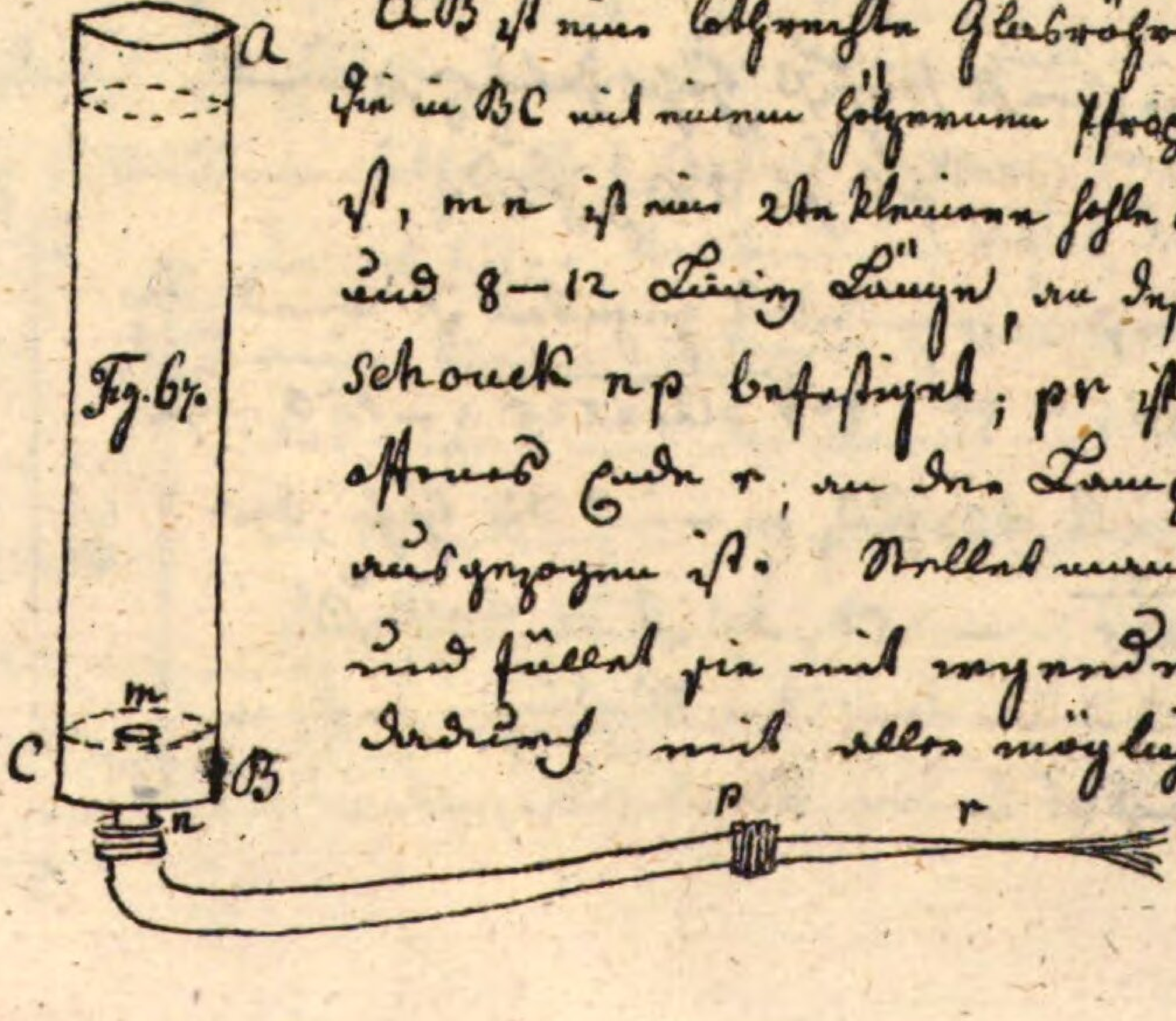
Geschwindigkeit nicht merklich vermindern. Dadurch wird es nöthig die Mündungen in dem Verhältnisse zu erweitern, wie die Geschwindigkeiten wachsen – Mariotte hat in seinem Traité du mouvement des eaux Regeln über diesen Gegenstand gegeben.

Man muß ferner, wenn der springende Strahl die größte Höhe erreichen soll, ihm nicht nur genaue lothrechte Richtung geben, denn wenn die kleinsten Theilchen nachdem sie den höchsten Punkt des springenden Strahls erreicht haben, in den Strahl selbst zurück fielen, so würden sie gegen die aufsteigenden Theilchen anschlagen, und die Geschwindigkeit derselben vermindern.

Man setzet zuweilen zum Zeitvertreib leichte Körper auf den Strahl z. B. Eyerschalen, besonders Figuren &c. welche durch den steten Anstoß den sie erhalten von dem Wasserstrahle getragen werden, oder um sich selbst mit großer Schnelligkeit drehen.

Die Gewalt des springenden Strahls wird auch bei anatomischen Präparaten angewendet, um in die kleinsten Gefäße gefärbte Flüssigkeiten hinein zu drücken; welche diese, indem sie dadurch ausgedehnt werden, sichtbar machen.

Die beste Einrichtung ist die von Herrn Dumeril, und ist in folgender Figur dargestellt.



AB ist eine lothrechte Glasröhre von 8 bis 12 Linien im Durchmesser, die in BC mit einem hölzernen Pfropfen verschlossen, und mit Wachs fest gekittet ist, mn ist eine 2te kleinere hohle Röhre von $\frac{3}{4}$ – 1 Linie im Durchmesser, und 8–12 Linien Länge, an dessen Ende ist ein Schlauch von Caoutschouck np befestiget; pr ist eine sehr kurze Glasröhre, deren offenes Ende r, an der Lampe mit einem sehr feinen Schnabel ausgezogen ist. Stellet man die größere Röhre senkrecht, und füllet sie mit irgend einer Flüssigkeit an, so kann man dadurch mit aller möglichen Freyheit die Gefäße aus spritzen

Die Erfahrung lehrt daß die Geschwindigkeit des aus Oeffnungen fließenden Wassers mit der Höhe des Wasserstandes wächst, aber mit der Länge der Röhren abnimmt. – Uebrigens nimmt man in der Ausübung an, daß bei der nämlichen Wasserhöhe die Geschwindigkeiten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Längen der Röhren verhalten. War die Druckhöhe 2 Fuß die Oeffnungen der Röhren 16, und 24 Linien, so gab die Beobachtung folgende Resultate für den Ausfluß einer Minute lang:

Länge der Röhren.	Quantität des Wassers für 16'' Oeffnung.	Quantität des W. f. 24'' Oeffnung
30 ---	4056 Cubikzolle ---	11219 Cub. Z.
60 ---	2888 " ---	8190 "
90 ---	2352 " ---	6812 "
120 ---	2011 " ---	5883 "
150 ---	1762 " ---	5232 "
180 ---	1583 " ---	4710 "

Auch äußert die Temperatur auf die Geschwindigkeit des Wassers keinen Einfluß.

Ist die Röhre durch welche das Wasser läuft krumm, so entstehen Stoß und Gegenstoß, und an jeder Krümmung geht ein Theil der Geschwindigkeit verloren, daher wird die Geschwindigkeit um so mehr verzögert, je länger die Röhren, und je öfter sie gebogen sind.

Dem gemäß hat man wenn die geraden Längen der Röhren L und l heißen die Proportion $m : M = tf\sqrt{\frac{h}{l}} : TF\sqrt{\frac{H}{L}}$ daraus

$$M = \frac{mTF\sqrt{lH}}{tf\sqrt{Lh}} = \frac{mTD^2\sqrt{lH}}{td^2\sqrt{hL}}$$

und wenn alles übrige gleich, und nur die Längen der Röhren verschieden sind: $M = \frac{m\sqrt{l}}{\sqrt{L}}$

<u>Aufgabe</u>. Unter den angeführten Umständen gibt eine 60 Fuß lange Röhre in Zeit von einer Minute 2888 Cubikzolle – wieviel Wasser würde sie in derselben Zeit geben wenn sie 100 Fuß lang wäre.

Hier ist $m = 2888^{C''}$ $l = 60$ und $L = 100$. Daher wird

$$M = \frac{2888\sqrt{60}}{\sqrt{100}} = \frac{2888 \cdot 7{,}74}{10} = 2224^{C''}.$$

Das Maß des Ausfließens des Wassers durch verschiedene Mündungen und bei verschiedener Druckhöhe ist bei Zuleitung und Vertheilung des Wassers von der größten Wichtigkeit; die Einheit dieses Maßes ist ein Zoll Wasser – Es ist die Menge Wasser welche in einer Minute aus einer kreisrunden Oeffnung von einem Zoll im Durchmesser fließt, die bei einer Druckhöhe von 7 Linien Wasser vom Mittelpunkte der Oeffnung angezählt, in einer sehr dünnen lothrechten Wand angebracht ist. Diese Bestimmung erfordert, daß das Wasser an den Stellen der Oberfläche, welche von dem Orte des Ausfließens am meisten entfernt sind, 8 Linien über jenem Mittelpunkt stehe; weil bei den angeführten Umständen eine örtliche Erniedrigung, welche einer Linie gleichgeschätzt werden kann, stattfindet. Unter diesen Bedingungen beträgt die Wassermenge welche im bair. Maß aus einer 1 Zoll großen kreisförmigen Mündung bei einer Druckhöhe von 7 Linien in einer Minute ausfließt 581,53 bair. Loth = 18 ℔ und 5,53 Loth = 9,8 Maß. Ein bair. Maß = 74,304 Duodecimal Cubikzolle und 1 Cubikzoll = 0,801 Loth gerechnet. – Diese Menge ist einem Wasser-Cylinder gleich der einen Zoll im Durchmesser und 925 Zoll Länge hat, und somit 726 Cubikzolle hält.

Der Zoll Wasser theilet sich in kleinere Maße, in halbe Zolle, Viertelzolle oder in einen andern Bruch des Zolles – die Geschwindigkeit des Ausflußes in diesen verschiedenen Fällen ist wegen der Gleichheit des Druckes dieselbe, so muß demnach die Menge des in gleichen Zeiten ausgeflossenen Wassers, mit den Flächen der kreisförmigen Öffnungen, folglich mit den Quadraten ihrer Durchmesser im Verhältnisse stehen, es gibt mithin die halbzöllige Öffnung nur den vierten Theil eines Zolles oder 2,45 Maß = 145,4 Loth in einer Minute; die viertelzöllige Öffnung gibt $\frac{1}{16}$ des Zolles das ist $\frac{98}{160}$ Maß oder 36,3 Loth Wasser.

Man bedienet sich auch zum Messen der Linien des Wassers, welche $\frac{1}{144}$ von der Menge eines Zolles, oder 5,03 Cubikzoll beträgt. Alle diese Öffnungen sind kreisrund und ihre Mittelpunkte 7 Linien unter der Oberfläche des Wassers an einer dünnen Seitenwand angebracht vorausgesetzt – Sind übrigens diese Öffnungen in verschiedenen Tiefe unter dem Wasserspiegel so geben sie auch verschiedene Mengen Wasser. z.B:

Nach angestellten Versuchen gibt in einer Tiefe von 7 Linien die 1zöllige Öffnung in einer Minute 726 Cubikzolle, wieviel Wasser gibt $\frac{1}{4}$ zöllige Öffnung in der Tiefe von 23 Fuß unter dem Wasserspiegel? – Wäre hier die Tiefe der $\frac{1}{4}$ zölligen Öffnung ebenfalls 7 Linien unter dem Wasserspiegel, so würde die Menge Wasser welche sie gäbe der 16te Theil von 726 Cubikzollen das ist $45\frac{3}{8}$ Cubikzolle betragen; so aber, da sie sich nicht in derselben Tiefe befindet, muß diese Menge erst durch folgende Proportion gefunden werden:

$$m : M = d^2\sqrt{h} : D^2\sqrt{H}$$

$$726 : M = 1^2\sqrt{\tfrac{7''}{12}} : \tfrac{1}{16}\sqrt{23.12}$$ woraus

$$M = \frac{726\sqrt{23.12}}{16\sqrt{\frac{7}{12}}} = \frac{12058,86}{12,26} = 983 \text{ Cubikzolle}$$

Die Erfahrung gibt aber bei den angeführten Umstande 922 Cubikzolle Wasser, das Wasser strömt also mit einer etwas geringern Geschwindigkeit aus, als jene ist, welche ihrer Tiefe unter dem Wasserspiegel

zu [illegible]

Will man für jeden Fall die Wassermenge bestimmen, welche eine
Quelle zu Zollen oder Linien gibt, so darf man nur ihr Wasser
durch eine Minute hindurch sammeln, und messen; so oft diese Menge
9,8 Maß oder 726 Cubikzolle oder 18 ℔ 5,53 Lothe beträgt, so viel Zoll
Wasser gibt sie. – Um ein noch genaueres Resultat zu erhalten,
muß man den Versuch mehrere Minuten fortsetzen, und den
ganzen Ertrag durch die Anzahl Minuten theilen.

Bei der Bestimmung der Geschwindigkeit des Wassers in Flüssen und
Canälen muß wohl darauf Rücksicht genommen werden, daß sie
in der Mitte, an den Ufern, und in verschiedenen Tiefen
auch verschieden sey. – Kommt es nur darauf an die Geschwin-
digkeit eines Stromes an der Oberfläche zu messen, so bedient
man sich hierzu entweder einer Kugel von Wachs, oder einer
hohlen messingenen Kugel von 7 bis 10 Zoll Durchmesser ungefähr,
die außerhalb mit weißer Oelfarbe angestrichen, und mit einer
Schraube versehen ist, um dadurch soviel Wasser oder Schrot können
eingießen, bis dieselbe nur mehr 2 bis 3" aus dem Wasserhorizon
ragt, ferner wird hierzu eine Sekundenuhr, oder Sekundenpendel
erfordert; hat man keines von beiden, so läßt sich ein Sekunden-
pendel dadurch verfertigen, daß eine kleine bleyerne Kugel
mit einem höchst feinen Faden oder Drath dergestalt verbunden
wird, daß vom Mittelpunkt der Kugel bis zum Aufhängungspunkte
genau eine Länge von 3', 5", 0,74''' bairisch Maß genommen wird.
Der Versuch selbst ist in einer Gegend des Flußes anzustellen, wo der
Fluß nicht nur zwischen geraden und parallelen Ufern fließt, sondern
auch eine ziemlich gleichförmige Tiefe hat. Man mißt hierzu

parallel mit dem Stromstriche eine Weite AB, von etwa 120 bis 180 Fuß, und bemerkt die Endpunkte A und B mit Stäben — über diese Stäbe setzet man senkrecht auf die Richtung des Stroms andere in E und F. um dadurch einem Manne hinter dem Stabe E stehet, anzugeben, wann die schwimmende Kugel in die Richtung EC kommt; eben dieses gilt bei FD — Soll die Beobachtung an=gestellet werden, so wird die Kugel mittelst eines Kahnes, etwa 60 Fuß oberhalb AC, ins Wasser gesetzt, und sobald nun die Kugel in der Verlängerung EA bemerkt wird, fängt man an, die Sekunden zu zählen, und fährt damit so lange fort, bis der 2te Beobachter in F ein Zeichen gibt, daß die Kugel in der Linie FD angekommen sey.

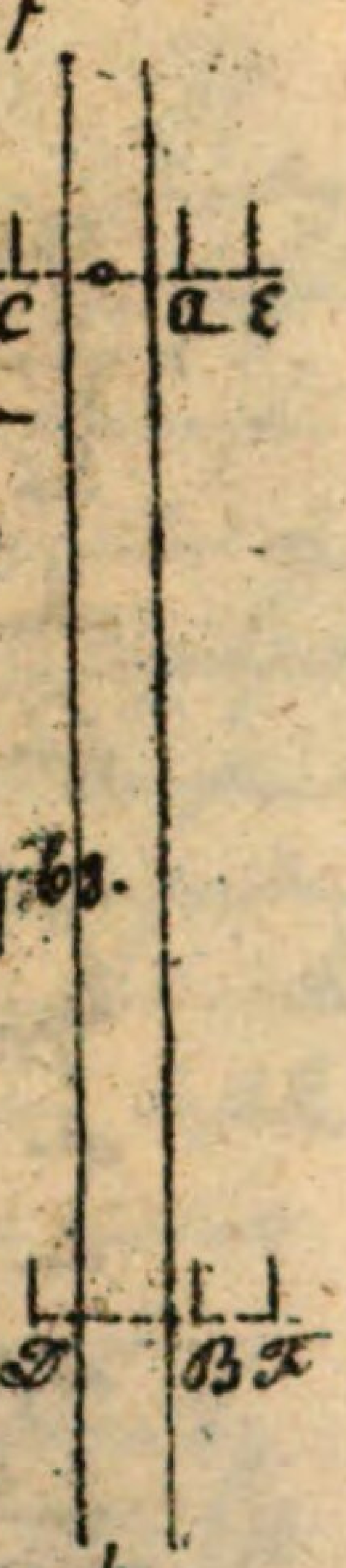


Fig. 63.

Dieser Versuch muß mehrmal wiederholet werden, und es sind dabei diejenigen Zeiten ganz auszuschließen, bei welchen sich die Kugel von der geraden Richtung entfernte, oder an das Ufer getrieben würde; Aus den gefundenen Zeit Sekunden wird das Mittel genommen, und damit in die abgemessene Länge dividiret, so erhält man daraus die Geschwindigkeit des Flußes an der Oberfläche; die allgemeine Formel derselben ist $C = \frac{S}{T}$. Gesetzt man hätte gefunden, daß der Weg von 150 Fuß in 50 Sekunden zurückgelegt worden sey, so ist die gesuchte Geschwindigkeit $C = \frac{150}{50} = 3$ Fuß.

Wenn diese Versuche gelingen sollen, so muß man sehr stilles Wetter abwarten wo kein Wind die Oberfläche des Wassers bewegt.

Uebrigens läßt sich die mittlere Geschwindigkeit eines Canals auch aus dem Gefälle desselben berechnen, man erhält sie nämlich wenn man 16,8 mit dem Gefälle in Fußen multiplizirt, aus dem Produkte die Quadratwurzel ziehet, und diese doppelt nimmt. — Bedeutet nämlich h das Gefäll des Canals, so ist ihr algebraischer Ausdruck $C = 2\sqrt{h\,6.}$

Will man in einem Stromstrich für eine gewisse Tiefe, die aber wenigstens 2 geringer seyn muß, als die kleinste Tiefe des Stromes, in dieser Richtung die Geschwindigkeit finden, so verbindet man vermittelst einer Stange oder blechernen Röhre einen specifisch schwereren Körper, mit einem specifisch leichteren als Wasser, so daß der leichtere Körper noch einige Zolle über dem Wasser hervorragt, und verfährt bei Bestimmung der Geschwindigkeit auf eine ähnliche Art, wie bei der schwimmenden Kugel; die dadurch gefundene Geschwindigkeit ist aber weder die Geschwindigkeit an der Oberfläche, noch die wahre mittlere für die ganze Tiefe, ob sie sich gleich letzterer am meisten nähert. – Anstatt des Stabes und der beiden Körper kann man eine gleichweite verschlossene blecherne Röhre nehmen, die mit Schrottkörnern an ihrem Untertheile so lange beschwert wird, bis sie nur mehr eine gewisse Höhe über das Wasser hervorragt.

Uebrigens hat man noch verschiedene Instrumente welche zur Messung der Geschwindigkeit eines Stromes dienen, als da sind: der Stromquadrant, das Pitotische Werkzeug, die hydraulische Schnellwage, der Wasserhebel, die Wasserfahne des Ximenes, Brunings Tachometer. &c...

Die Bewegung fester Körper in widerstehenden Mitteln.

Unter Mittel, Medium wird jede Flüssigkeit verstanden, durch die ein Körper sich bewegen soll, wie z. B. Wasser, Luft &c.

Ein fester Körper der sich in einer Flüssigkeit bewegt, drängt die Theilchen derselben die sich vor ihm auf seinem Wege befinden aus der Stelle, der feste Körper verbraucht auf diese Art einen Theil seiner Bewegung, denn jede Flüssigkeit wenn sie auch noch so locker und ruhig ist, ist sie ein Körper, der seiner Natur nach undurchdringlich ist, und folglich von demjenigen der sich in ihr bewegt aus seiner Stelle verschoben oder getrieben werden muß, leistet der Bewegung Widerstand, dadurch wird die Kraft, durch welche sich

ein Körper in einem flüssigen Wesen bewegt in jedem Momente beständig vermindert, bis endlich alle Bewegung, wenn keine neue Kraft mehr hinzu-kömt, aufhört. Denken wir uns in dieser Voraussetzung den bewegten Körper in irgend einem Punkte seiner Bahn, wo er seine bestimte Geschwindigkeit hat, und die Zeit seiner Bewegung in unendlich kleine Zeittheilchen getheilet. Nun wird während des ersten Augenblikes den wir betrachten der bewegte Körper an eine gewisse Anzahl Theilchen des widerstehenden Mittels stossen, denen er eine gewisse Geschwindigkeit mittheilet. Die Theilchen des Mittels können aber keine Bewegung erhalten, ohne daß der Körper sie verlieret, und dieses ist es was den Widerstand des Mittels ausmacht, und den man bei der Berechnung als eine die Bewegung vermindernde Kraft in Anschlag bringen muß, die, der Erfahrung gemäß, mit dem Quadrate der Geschwindigkeit verhältnißmäßig ist.

Die tropfbar flüssigen Mittel bringen aber zu dem noch eine andere Art des Widerstandes hervor, welcher von dem Anhangen ihrer Theilchen unter sich, und an den Körper, welcher sich in ihnen bewegt herrühret. Dieser letzte Widerstand welcher der Reibung ähnlich ist, ist für jede Flüssigkeit beständig, und von der Geschwindigkeit unabhängig, und nur durch Erfahrung zu bestimmen.

Durch den Widerstand der Luft wird selbst die Bewegung eines frey fallenden Körpers wenn sie lange genug dauert in eine gleichförmige verwandelt. Denn fällt ein schwerer Körper in einem widerstehenden Mittel, so wird die Wirkung welche die Schwerkraft hervorbringt, in jedem Augenblicke verkürzt, und um eine geringere Größe vermindert; und es wird wenn die Bewegung lange genug fortdauert, ein Zeitpunkt eintretten, wo die Kraft des Widerstandes dem ganzen Bestreben der Schweere gleich ist; und von welchem Zeitpunkte an, der Körper nur allein vermöge seiner erlangten Geschwindigkeit, und gleichsam als ob er kein Gewicht hätte seine Bewegung gleichförmig fortsetzen wird.

Um die Größe des Widerstandes der Medien einiger Massen beurtheilen zu können, muß vorzüglich auf die Dichtigkeit des Mediums, auf die Größe des bewegten Körpers, und auf die Geschwindigkeit der Bewegung Rücksicht genommen werden.

Je dichter die Flüssigkeit ist, desto mehr Materie muß aus dem Wege geräumet werden, und desto mehr Kraft wird erfordert den Zusammenhang der Theile zu trennen, mithin ist auch der Widerstand stärker; Ein Körper fällt im Wasser langsamer als in der Luft, im Quecksilber wieder langsamer als im Wasser.

Je größer die Oberfläche eines bewegten Körpers ist, desto mehr Materie müßen in derselben Zeit aus dem Wege räumen, und da jedes Theilchen widersteht, so ist desto stärker der Widerstand je mehr Theilchen aus dem Wege zu räumen sind; eine noch so große Kugel, welche an einem Faden gehangen hin und herschwingt, verliert ihre Bewegung noch so früh, als eine gleichgewichtige, aber noch so kleine.

Je geschwinder der Körper bewegt wird, desto mehr Theilchen hat er in derselben Zeit aus dem Wege zu räumen, mithin ist auch der Widerstand stärker, der Widerstand ist auch um soviel stärker oder schwächer je mehr oder weniger senkrecht die Richtung eines Körpers gegen den anderen gehet.

Der Widerstand der Mittel ändert sich aber bei gleichen, und mit gleicher Geschwindigkeit bewegten Körpern, selbst wieder durch die Bewegung des Flüssigen, denn wenn eine Flüssigkeit eine entgegengesetzte Bewegung hat, so ist der Widerstand stärker als wenn sie ruhig wären. –

Wenn sich die Flüssigkeit nach derselben Richtung mit gleicher oder größerer Geschwindigkeit bewegt, so ist der Widerstand des Mittels doch für nichts zu achten, wo er nicht gar auch seine Bewegung zu befördern hilft.

Man setze eine Kugel A bewege sich in eben demselben Mitteldinge mit einer doppelt so großen Geschwindigkeit als eine andere B, die mit jener gleichen Umfang hat; so wird die Kugel A in derselben Zeit auf noch einmal so viele Theile des Mittels stoßen, als die Kugel B, und mithin einen doppelt stärkern Widerstand leiden als diese leidet; denn stoßt die Kugel A, die sich mit einer doppelten Geschwindigkeit bewegt, gegen jedes Theilchen des doppelten Widerstandes mit einer noch so großen Kraft als die andere B, deren Geschwindigkeit nur halb so groß ist; mithin ist die Gegenwirkung des Mittels auf die noch so geschwind bewegte Kugel A, auch in dieser Hinsicht doppelt so groß; folglich leidet eine mit doppelter Geschwindigkeit bewegte Kugel einen 4 fach größeren Widerstand, und da nun dieses allgemein statt findet so bestättiget sich das oben angeführte Gesetz; daß der Widerstand eines in einerlei Mitteldingen bewegten Körpers mit dem Quadrate seiner Geschwindigkeit verhältnißmäßig sey; und da dieser Widerstand auch mit der Dichtigkeit des Mediums zunimmt, so steht der Widerstand eines in einem Mitteldinge bewegten Körpers in einem zusammengesetzten Verhältnisse des Quadrates seiner Geschwindigkeit und der Dichtigkeit des Mitteldinges.

Oder wenn von zwey bewegten Körpern, der Widerstand des Mittels = Q, q die Dichtigkeit der Mittel = E, e und die Geschwindigkeit der Körper V, v heißt, so verhält sich $Q : q = EV^2 : ev^2$ wenn übrigens auch diese Körper gleich groß sind.

Wird eine gegebene Masse in kleinere Stücke in Kügelchen z. B. zertheilet, so nimmt für jedes Kügelchen die Menge der Materie im Verhältniß der Cubi ihrer Halbmesser ab; ihre Oberflächen aber nur wie die Quadrate derselben — es nimmt also bei Zerstücklung eines Körpers die Masse in größerem Verhältnisse ab, als ihre Oberfläche; demnach leidet derselbe Körper auf

einen desto größern Widerstand im Medium, je mehr kleinere Theile er zertheilt wird; daher eine aus einem Feuerrohre geschossene Kugel weiter reicht, als gleichviel gleichgewichtige Schrote.

Um den Widerstand der Luft, den sie im ruhigen Zustande auf die Bewegung der Körper äußert zu schätzen, verlange ein gerades Prisma, welches sich nach der Richtung seiner Axe durch die Luft bewegt, von den vor ihm befindlichen Lufttheilchen den Druck q; so wird dieser Druck auf seine vordere Grundfläche senkrecht gerichtet seyn, und sich über dieselbe gleichförmig vertheilen, indem sich die Richtungen des Druckes und der Bewegung gerade entgegengesetzt sind, und alle Elemente der Grundfläche gleiche Geschwindigkeit, und gegen die Richtung des Druckes einerley Lage haben, daher muß der Druck q. bei einerley Geschwindigkeit wie die Grundfläche des Prisma sich verhalten, und seine mittlere Richtung durch den Schwerpunkt der Grundfläche, folglich auch zugleich durch die Axe des Prisma gehen.

Wird demnach die Grundfläche des Prisma = b und q = nb gesetzt, so hat n für einerley Geschwindigkeit einen bestimmten Werth, und ist also von dieser nur allein abhängig. Ebenso nun nimmt man an, daß einerley Druck entstehe, wenn entweder die Luft mit einer bestimmten Geschwindigkeit sich senkrecht gegen eine ruhende Fläche bewegt, oder umgekehrt die Fläche mit eben der Geschwindigkeit nach einer auf sie senkrechten Richtung durch stillstehende Luft geführt wird, so läßt sich das Gesetz nach welchem der Coefficient n von der Geschwindigkeit abhängt, vorläufig aus Beobachtungen über die Stärke des Luftstoßes herleiten. Folgende Tafel enthält einige Versuche dieser Art, die von Hr. Woltman mittelst eines hydrometrischen Flügels angestellt worden sind.

und ist in der ersten Reihe die Geschwindigkeit der Luft = v in Hamburger Füßen in der 2ten der Druck derselben auf 1 Quadratfuß fläche = n Loth, und in der 3ten die daraus entspringende Verhältnißzahl = $\frac{n}{v^2}$ angegeben. Welche Angaben weil im Verhältniß daß 1 hamburger fuß = 0,9816 bairisch fuß und 1 hamburger Loth = 0,8654 bairisch lothen ist, auf bairisch Maß und Gewicht reduzirt werden können.

v = 10, ---	n Loth = 4 ·	Verhältniß $\frac{n}{v^2}$ =	0, 0400,	Unterschied
" = 12, ---	" = 5,33 --	" " =	0, 0370.	= 0,0030 +
" = 20, ---	" = 16,11 --	" " =	0, 0403 ·	= 0,0033 −
" = 21, --	" = 16,73 --	" " =	0, 0379.	= 0,0024 +
" = 24, ---	" = 20,72 --	" " =	0, 0360.	= 0,0019 +
" = 25, --	" = 21,39 --	" " =	0, 0342.	= 0,0018 +
" = 26, ---	" = 23,18 --	" " =	0, 0342.	= 0,0000
" = 28, --	" = 27,23 --	" " =	0, 0347.	= 0,0005 −
" = 29, --	" = 29,25 --	" " =	0, 0348.	= 0,0001 −
" = 30, --	" = 31,41 -	" " =	0, 0349.	= 0,0001 −

Da die Unterschiede zwischen den Werthen der dritten Reihe, nicht allein sehr gering, sondern auch wechselweise bald positiv, bald negativ sind, so läßt sich daraus auf ein unveränderliches Verhältniß zwischen n und v^2 schließen; also lehren uns diese Versuche was man auch sonst aus theoretischen Gründen anzunehmen pflegt. daß sich der Widerstand der Luft, in Rücksicht der Geschwindigkeit wie das Quadrat derselben verhalte.

Nimmt man nun zwischen den zehn verschiedenen Werthen das arithmetische Mittel, so wird $\frac{n}{v^2} = 0,0364$, und daraus der Druck der Luft auf einen Quadratfuß fläche $n = 0,0364\ v^2$ Loth. Die Maße die hier zu grunde liegen sind hamburger fuß und hamburger Loth; will man die formel $n = 0,0364\ v^2$ so einrichten daß sich dieselbe auf bairisch Maß und Gewicht bezieht, so muß man ihren Coefficienten 0,0364 noch durch das Biquadrat von 0,9816, und das daraus entstandene Produkt noch mit d. Zahl 0,8654 multipliziren, so erhält man den

Druk auf 1 bair. Quadratfuß fläche = $0,034\, v^2$ bair. Lothe, und folglich wird der Druk der Luft auf eine fläche von B Quadratfuß, nämlich

$q = 0,034\, B v^2$ Lothe.

Aufgabe. Ein Cylinder dessen Grundfläche 6 bair. Fuß im Durchmesser hat, bewegt sich nach der Richtung seiner Axe durch die Luft mit der Geschwindigkeit von 19 Fuß per Sekunde, wie groß ist der Widerstand welchen ihm die Luft entgegensetzt.

Auflösung. dieser Widerstand ist $q = 0,034\, B v^2$. Nun ist voraus B, weil es die Grundfläche eines Cylinders ist $= r^2 \pi$, also wegen $D = 6'$ ist $r = 3'$ und daher $B = 3^2 . 3,14 = 28,26$ Quadratfuß, ferner ist $v = 19$, somit $v^2 = 19^2 = 361$ und daher wird endlich,

$$q = 0,034 . 28,26 . 361$$
$$q = 346 \text{ bair. Loth} = 10 \text{ ℔ } 26 \text{ Loth.}$$

Man beweiset in der Mathematik daß der Druk der Luft auf die Kugelfläche nur halb so groß ist, als jener auf die fläche ihres größten Kreises. Die fläche eines größten Kreises der Kugel vom Halbmesser r ist $r^2 \pi$, also der Widerstand den sie leidet, wenn sie sich mit der Geschwindigkeit v bewegt $= 0,034\, r^2 \pi v^2$, und daher jener welchen die Kugel bei der selben Geschwindigkeit erleiden würde $= \frac{1}{2} . 0,034\, r^2 \pi v^2$ das ist $= 0,017\, r^2 \pi v^2$ Lothe.

Der Widerstand, den eine mit der Geschwindigkeit 300 Fuß abgeschossene Kugel die 8 Zoll im Durchmesser hat, von der Luft erleidet, ergibt sich demnach

$$q = 0,017 . \left(\frac{4}{12}\right)^2 . 3,14 . (300)^2$$
$$q = 0,017 . \frac{1}{9} . 3,14 . 90000 = 533,8 \text{ Lothe} = 16 \text{ ℔ } 21,8 \text{ Loth.}$$

Geht ein Körper von einem Mittelding in ein anderes mehr oder weniger dichtes über, so ist wenn er senkrecht einfällt keine Ablenkung von seiner Richtung möglich, weil der Widerstand den er erleidet von allen

Seiten gleich groß ist. Gehet aber ein Körper in einer schiefen Richtung AC an der Fläche MN in ein anderes Mittel über, so wird er durch den größern, oder kleinern Widerstand des neuen Mediums, von seiner geraden Richtung abgelenkt, und zwar entfernt sich derselbe von dem Perpendikel PCR und gehet nach CD wenn das neue Mittel dichter ist; oder er nähert sich demselben in der Richtung CE wenn der Körper von einem dichtern in ein mehr lockeres Mittel übergehet.

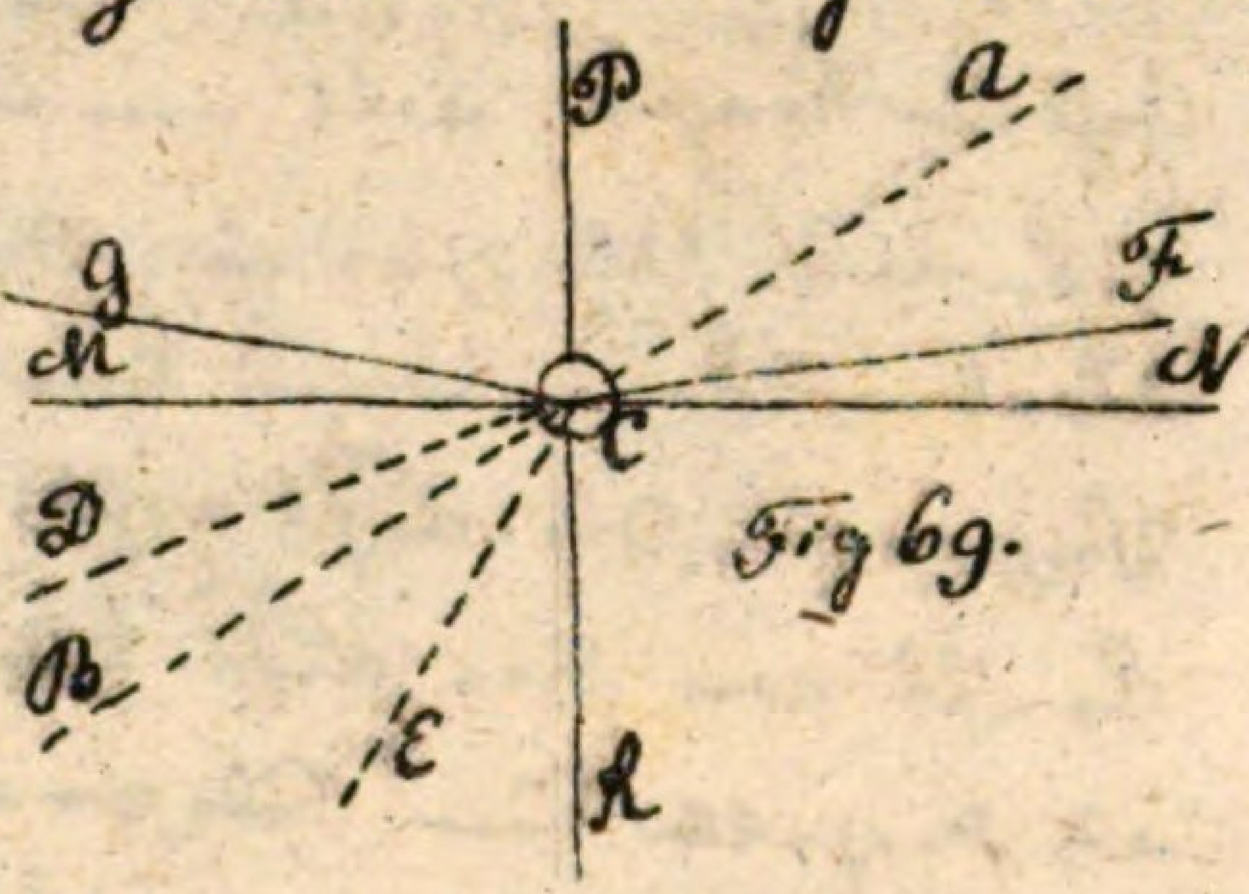


Fig 69.

Ist der Winkel FCN unter welchem der Körper auf das Medium trifft sehr klein, und das Medium einigermaßen dicht, so prallt derselbe in C ab und gehet unter einem gleichen Winkel MCG nach G.

Eine unter einem Winkel von 5 Grad auf die Oberfläche des Wassers hingeschossene Kugel prallt auf und durchbohrt die am andern Gestade aufgerichtete Scheibe, wenn man auf ihr Bild im Wasser gezielet hat — Ist aber der Winkel zu groß, so versenkt sich zwar die Kugel in das Wasser, doch bricht sich ihre Bewegung etwas aufwärts.

Ist in dieser Rücksicht der Weg eines Körpers der aus der Luft ins Wasser fällt zu bestimmen, Es falle z. B. ein Stein senkrecht in stehendes Wasser, so fällt auch der Stein senkrecht im Wasser, und seine Bewegung wird sich auf keine Seite brechen — fällt hingegen Fig 70 der Körper A unter dem schiefen Winkel ACD aus der Luft auf die Wasserfläche BF, so kann seine absolute Kraft in die Parallel= kraft AD und in die Perpendikularkraft AB aufgelöset werden, in C bekommt er von dem Wasser einen kleinen Stoß CE, durch die= sen wird die Perpendikularkraft vermindert, die Parallelkraft aber

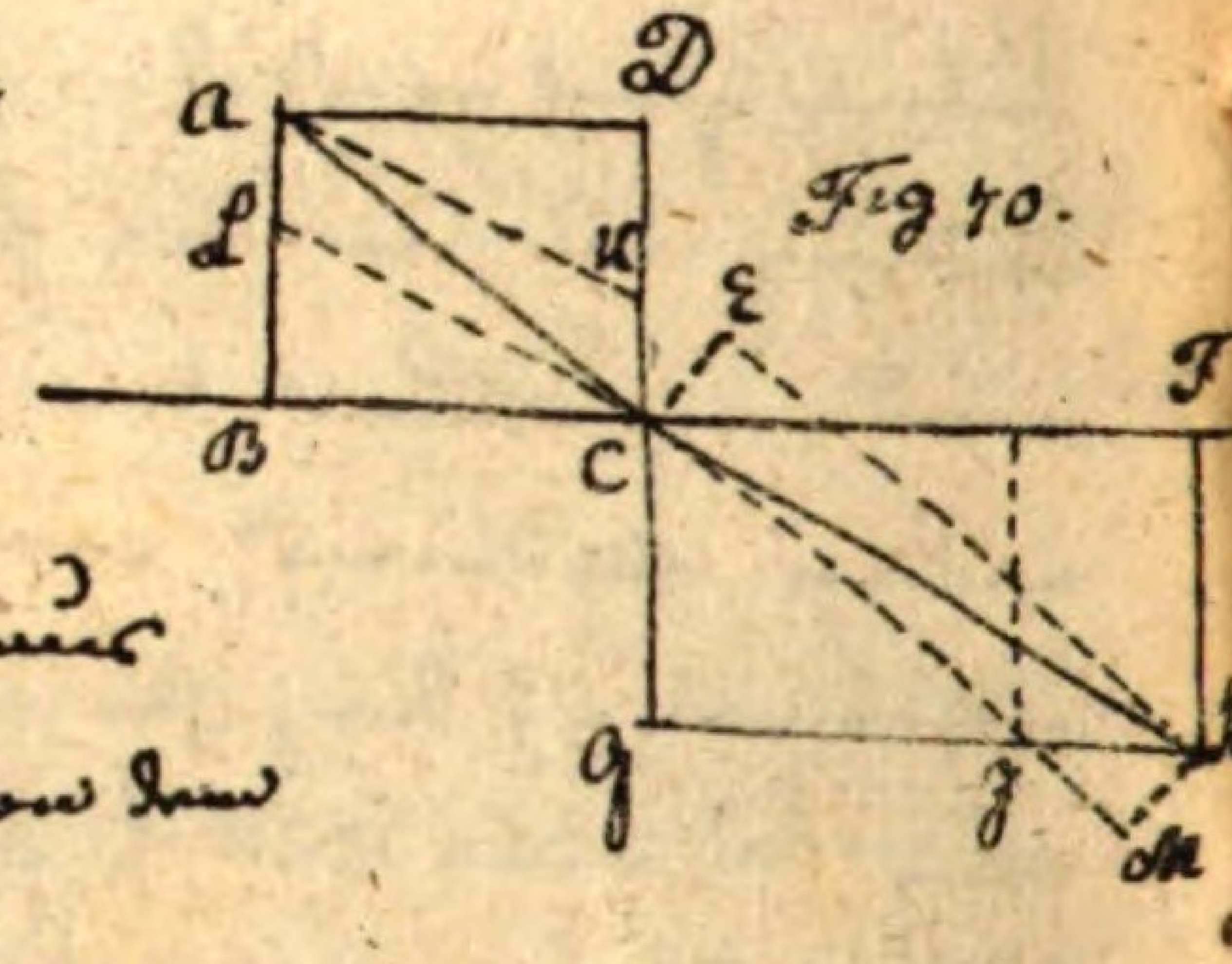


Fig 40.

annaheit, und der Körper muß sich mehr von dem Perpendikel DG entfernen, also die Diagonale CH beschreiben – Nun ist aber der Winkel GCH größer als der Winkel ACD, also wird der Körper bei seinem Übergange aus einem lockern in ein dichtes Mittel von dem Perpendikel weggebrochen.

Geht ein Körper aus einem dichtern Mittel in ein dünneres über z. B. aus Wasser in die Luft, so bricht sich derselbe zu dem Perpendikel – denn wenn der Körper H unter dem Winkel GCH. aus dem Wasser in die Luft gehen würde, so wird in C seine perpendikulare Kraft von der Luft keinen so großen Widerstand mehr leiden, als dieselbe im Wasser gelitten hat, sie wird also um etwas mehr gegen K hinwirken, also der Körper von C aus die Diagonale CA beschreiben wo denn der Winkel ACD kleiner ist, als der Winkel GCH w. z. b. w.

Die Brechung geschieht nur an der Oberfläche des flüssigen in welches der Körper geht, denn unter der Oberfläche ist der Widerstand von allen Seiten gleich, und also kein Grund vorhanden, warum derselbe mehr auf diese, als auf die andere Seite abweichen solle.

Wer nach einem unter dem Wasser befindlichen Fisch gerade hinzielet, verfehlet ihn; theils weil die Kugel in die Höhe getrieben wird; theils, weil man in dem Wasser alles höher sieht, als es ist; man muß also unterhalb den Gegenstand eintragen, wenn man treffen will.

Die Lichtstrahlen die uns von einem Körper aus einem dichtern Mittel zukommen, scheinen uns denselben zu erheben, man sieht es an dem zum Theil ins Wasser getauchten Stab, der [illegible] gebrochen erscheint.

Von der Messung

bei jeder Erfahrungswissenschaft hat man Längen, Breiten, und Dicken zu messen, gerade Linien und Kreisbögen in gleiche Theile zu theilen; die einfachsten Werkzeuge dazu sind das Lineal und der Zirkel, es gibt aber jedoch ein scharfsinniges Verfahren, welches von einem französischen Geometer Nahmens Vernier herrührt, vermittelst dessen man einen in gleiche Theile getheilten Maßstab, ohne ferneren Versuch mit Richtigkeit in kleinere Unterabtheilungen, die man sogar ins unbestimmte fortsetzen kann, einzutheilen vermag.

Das Verfahren besteht darin, daß man an die gegebene Theilung eine andere legt, deren Theile zu der vorigen in einem bekannten Verhältnisse stehen. In diesem falle zeigt das Nichtzusammentreffen der Theilungsstriche den Bruch an, um welchen sie einander übertreffen.

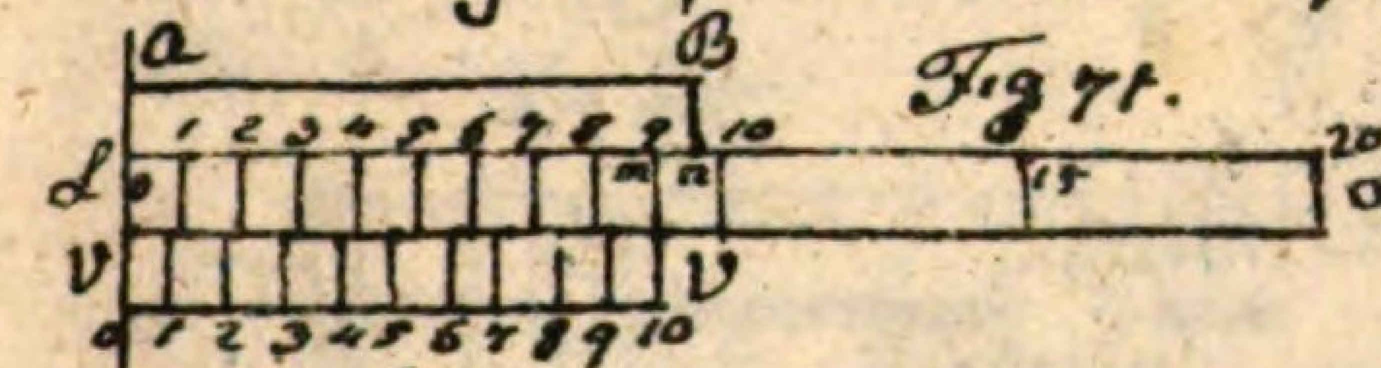


Fig. 71.

Es sey LL ein in gleiche Theile getheiltes Lineal, und man soll damit die Linie AB messen, so sieht man hier blos daß diese Linie 9 gleiche Theile, und noch einen kleinern Bruchtheil mn hat. Um die absolute Größe von mn zu bestimmen, theile man das Lineal VV so, daß z.B. 9 Theile des größeren Lineals, gleich 10 Theilen des letzteren sind, so heißt VV ein Vernier. Legt man den Vernier an das Lineal wie die Abbildung darstellt, so können sein Anfang und Ende mit der ersten und 9ten Abtheilung des Lineals LL zu passen; dieses findet aber bei keiner der zwischenliegenden Abtheilungen statt, der iste Theilstrich des Vernier wird um 0,1. der 2te um 0,2. der 3te um 0,3 u.s.w. hinter den Entfernungen des Lineals zurückbleiben.

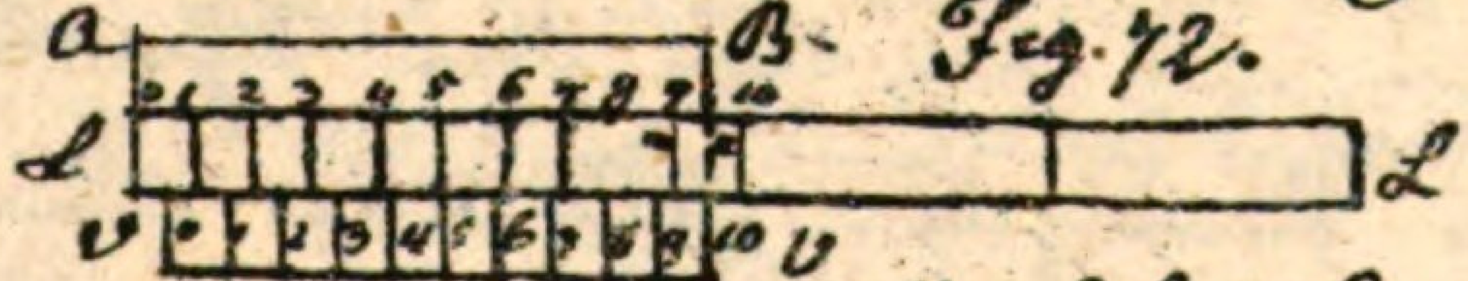


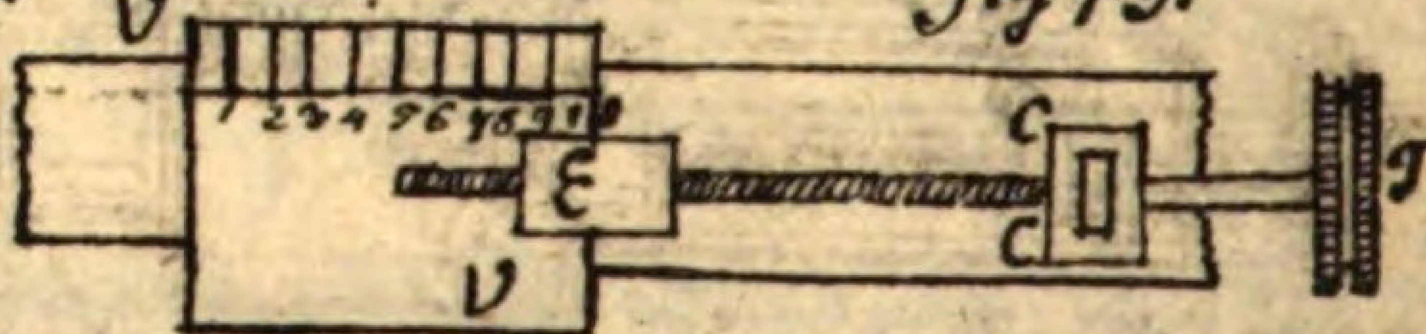
Fig. 72.

Man denke sich nun daß der Vernier langsam längs des Lineals hingeschoben werde, so lange bis der letzte Theilungsstrich 10 desselben mit dem Ende B der Linie AB zusammentrifft, und es falle sonach der Theilungsstrich 5 des Vernier, mit dem Theilungsstrich 5 des Lineals zusammen, so kann man mit Sicherheit schließen daß der kleine Bruch mn $\frac{5}{10}$ ist, so daß die Länge der gegebenen Linie AB = 9,5 ist.

offenbar wird man die Genauigkeit weiter treiben, wenn der Vernier eine größere Anzahl Abtheilungen des Limbus enthält, jedoch wächst mit der größeren Anzahl die Schwierigkeit der Beobachtung welche Abtheilungen zusammentreffen.

Man kann den Vernier ebenfalls bei Eintheilungen der Kreisbögen anwenden, in diesem Falle gibt man dem Vernier eine kreisförmige Gestalt, und macht ihn mit der Theilung des Werkzeuges concentrisch. Uebrigens muß der Rand des Verniers sich genau an die Theilung anlegen, von welcher er die Theilbrüche angeben soll, seine Bewegung muß langsam und mit der nöthigen Bestimmtheit erfolgen, er wird für diesen Endzweck durch eine Schraube in Bewegung gesetzt.

Fig 43.



Die Walze dieser Schraube ist nur bis zu einer gewissen Länge eingeschnitten, und trägt an einem Punkte ihres glatten Theiles einen kleinen Bauch, wodurch sie in einem Halbstück CC zurückgehalten wird, welches an den unbeweglichen Theilen der Vorrichtung befestiget ist; so daß sich dieselbe nur allein um ihre Axe drehen kann, ohne vor oder rückwärts zu gehen. Ihr anderes eingeschnittenes Ende greift in eine Mutter die an dem Stücke VV fest ist, auf dem die Verzeichnung des Verniers sich befindet, und dieses Stück kann sich selbst in einem mit der Axe der Schraube gleichlaufenden Falz hin und her bewegen. Faßt man nun die Schraube bei ihrem Kopfe T, und dreht sie um ihre Axe, so wird sie sich in die Mutter ein- oder auswinden, mithin diese an sich ziehen, oder von sich entfernen, wodurch zugleich der Vernier an dem sie befestiget ist, genähert oder entfernet wird

Sind ferner die Gänge der Schraube auf das genaueste gleichweit von einander und diese und die Schraubenmutter mit aller Sorgfalt, welche die Kunst zu erreichen vermag, gearbeitet, so wird das Stück VV bei jeder ganzen Umdrehung

der Schraube genau um die Weite eines Schraubenganges bewegt, und für jede halbe= oder Viertel=Umdrehung wird dieselbe ebenfalls nur um die Hälfte, oder den vten Theil der Schraubenweite bewegt. Bringt man nun an dem Kopfe der Schraube T, einen in gleiche Theile getheilten Kreis an, und macht den Gang desselben durch einen Zeiger, der an den unbeweglichen Theilen der Vorrichtung angebracht ist, bemerkbar; so lassen sich hierdurch die Bruchtheile der Schraubenweite nach Willkür bestimmen.

Ist z. B. die Schraubenweite eine halbe Linie, und die Theilung des Kreises in 1000 Theile gemacht, und man drehet die Schraube nur um einen Theil derselben, so wird der damit in Verbindung stehende Vernier ebenfalls um 0,001 von der Weite des Schraubenganges bewegt. im vorliegenden Fall also um $\frac{1}{1000}$ einer halben Linie.

Um eine solche Schraube zu verfertigen wird eine grosse Genauigkeit erfordert, man erreicht sie durch Abschleifen, welches darin besteht, daß man auf einer Drehbank die Schraube in der Schraubenmutter, die man ihr geben will herumgehen läßt. Man bringt zwischen beide Schmiergel, damit die beiden berührenden Flächen sich aneinander wechselseitig abschleifen, und so auf das vollkommenste in einander passen. – Um diesen Zweck zu erreichen verfertigt man die Schraubenmutter aus zwey Stücken, welche anfänglich nicht den ganzen Umfang der Schraube umfassen, man drückt sie aber nach und nach immer fester durch Seiten Schrauben an, nach Maßgabe wie sich der Körper der Schraube durch das beständige Reiben mehr abschleift, und dünner wird.

Von der Bestimmung des Gewichtes

Nach den Massen der Ausdehnung der Körper ist dem Physiker wohl nichts so wichtig, als das Gewicht derselben zu bestimmen, welches die Größe der Kräfte angibt, durch welche die Erscheinungen hervorgebracht werden. – und hierzu dienen die Wagen.

Der Hebel dieser Wagen oder der Wagebalken AB ist eine aus
gehärtetem Stahl verfertigte Stange
von hinreichender Stärke, damit sie
nicht merklich von den Gewichten
welche sie tragen soll gebogen
werde. Man richtet den Wagebal-
ken so ein, daß die beiden Arme
GA, GB an beiden Seiten des
Schwerpunktes G gleiche Gestalt
und Länge haben, und an ihren
Enden gleichgewichtige Haken und Schalen tragen. Damit die
kleinste Bewegung des Balkens sichtbar werde, wird in der lothrechten
Linie des Schwerpunktes G unter oder überdemselben eine senkrechte
Nadel OS an AB befestiget, und die ganze Vorrichtung in einem Punkte
C der ebenfalls in derselben lothrechten Linie liegt, unterstützt.

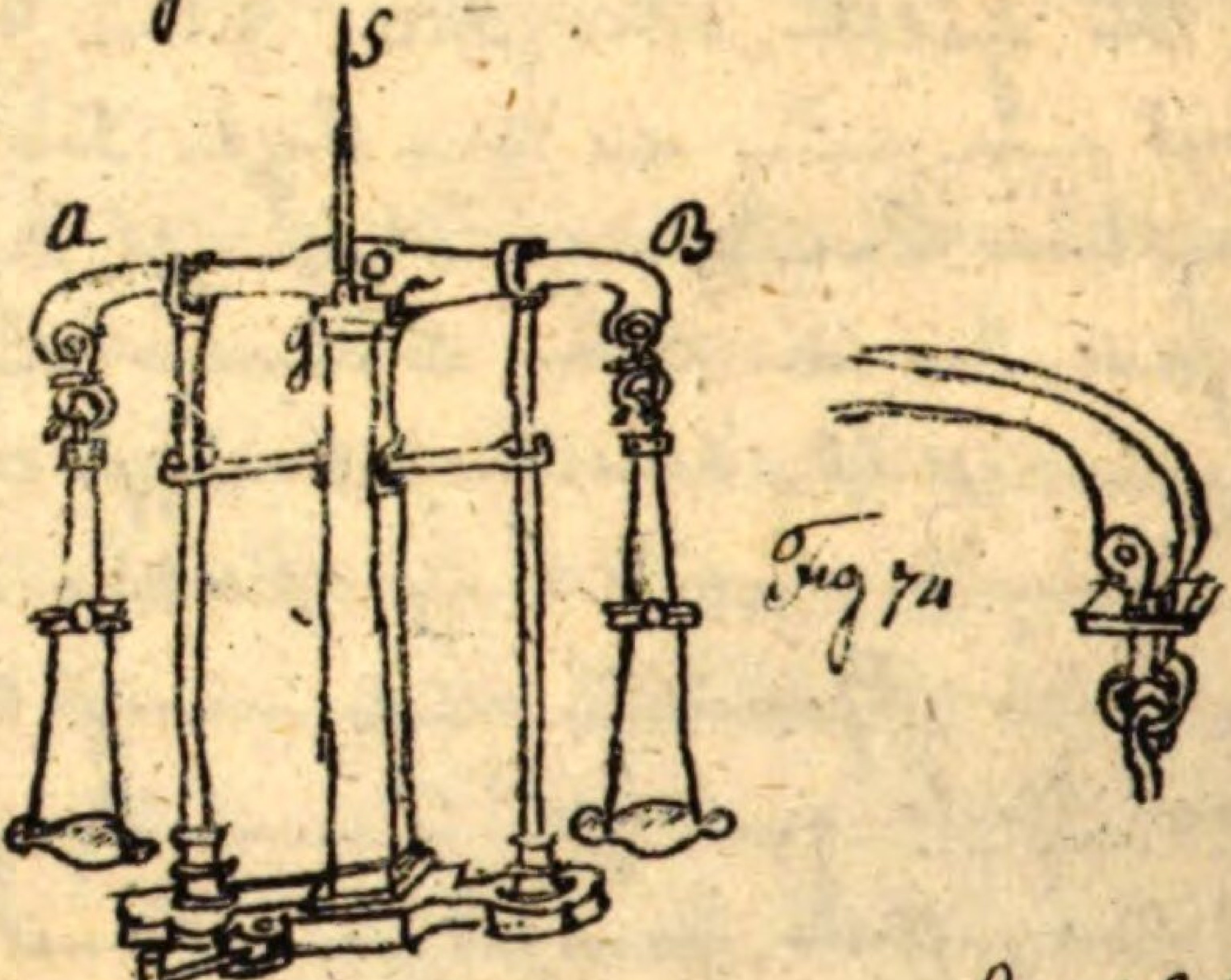


Fig 71

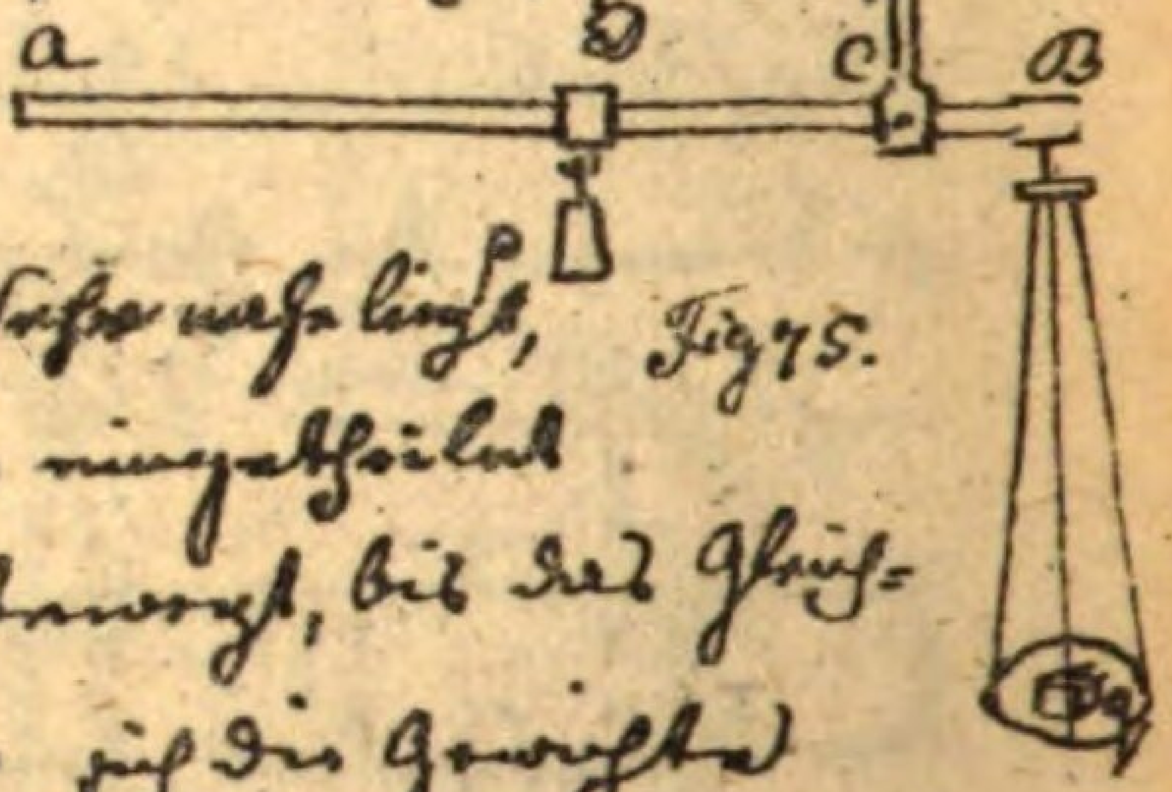
Zu mehrerer Beweglichkeit des Balkens gibt man der Unterstützung C
eine keilförmige Gestalt, verfertiget sie aus recht hartem Stahl, und
läßt die Schärfe auf einer wagrechten Ebene von geglättetem
Stahl ruhen. Ist so, unter allen Theilen der Vorrichtung, welche an
beiden Seiten des Punktes G liegen, eine völlige Gleichheit
erreicht, so wird Gleichgewicht herrschen.

Will man demnach untersuchen ob zwey Gewichte gleich sind, so dürfen
dieselben nur in die beiden Wagschalen gelegt werden, wodurch
wenn sie gleich sind, das Gleichgewicht nicht gestört wird. Damit diese
Beobachtung möglich werde, muß der Aufhängepunkt C sich etwas
über dem Schwerpunkt G befinden; denn alsdann wird nur der
Balken wenn er ein wenig aus der wagrechten Lage gebracht wird,
durch eine Reihe von Schwingungen in dieselbe wieder zurück zu kehren
streben, wo hingegen derselbe wenn sich der Schwerpunkt über dem Auf-
hängpunkte befände nach der Seite der größern Schwere hin fallen würde.

Obschon es auf vielerley Art geschehen kann, daß die Wage falsch sey, z. B. wenn die Arme von ungleicher Länge, dike, oder Schwere &c sind, so kann doch aller Betrug durch die blosse Verwechslung der Wagschalen entdekt werden; denn wenn die Wage betrügerisch ist, so können die Gewichte bei dieser Verwechslung das Gleichgewicht nicht halten. — Soll doch auf einer solchen Wage ein Körper gewo=gen werden, so lege man den Körper der A heißen mag in eine der Wagschalen, bringe sie ins Gleichgewicht dadurch, daß man in die andere irgend einen schweren Körper legt, wie Stücke Bley oder Kugeln oder Papierschnitzel welche nach und nach zugelegt werden bis die Zunge vollkommen lothrecht ist, und die genau wagerechte Lage des Balkens anzeigt. — Nachdem dieses geschehen ist, wird der Körper A behutsam hinweggenommen, und seine Stelle durch Lothe und Bruchtheile von Lothen ersetzt, bis die Zunge abermals lothrecht stehet: die nun eingelegten Gewichte werden genau das Gewicht des Körpers A ausdrücken, denn diese neuen Gewichte die unter denselben Umständen wie der Körper A einge=legt wurden, stehen ebenfalls mit dem in die andere Schale gelegten Körpern im Gleichgewichte. — Man sieht daß dieses Verfahren von der Länge der Hebelarme unabhängig ist, so wie von der Ungleichheit ihres Gewichtes.

Um vollkommen genau zu seyn, sind nur zwey Bedingungen erfor=derlich. die erste ist, daß die Aufhängepunkte der Schalen bei beiden Operationen genau dieselben sind, und die zweite, daß die Wage gehörig empfindlich sey, daß nämlich wenn sie belastet im Gleichge=wichte ist, das kleinste Gewicht, welches in eine ihrer Wagschalen gelegt werde, hinreiche das Gleichgewicht zu stören; welche

Empfindlichkeit lediglich von dem Aufhängungspunkte abhängt, und sie wird um so vollkommener seyn, je weniger Reibung in diesem Punkte zwischen der Schneide, und der Ebene welche sie trägt, statt findet.



Die Schnellwage ist ein Hebel, bei dem die Unterlage dem zu untersuchenden Gewichte sehr nahe liegt, Fig. 75. an dem längeren Arme AC der in gleiche Theile eingetheilet ist, wird ein beständiges Gewicht p, so lange bewegt, bis das Gleichgewicht hergestellet ist, in welchem Falle sodann sich die Gewichte umgekehrt wie ihre Entfernungen vom Unterstützungspunkte verhalten; es verhält sich nämlich $p : q = BC : CD$ daraus $q = \frac{p \cdot CD}{BC}$

Die Schnell- oder auch römische Wage, wird vorzüglich gebraucht, um große Gewichte zu untersuchen, damit sie aber genau sey, soll der längere Arm ohne Läufer dem kürzeren das Gleichgewicht halten, und dieß zwar in Verbindung mit der Schale worein das Gewicht gelegt wird. Aber meistens ist der längere Arm schwerer als der kürzere, wodurch denn ein Theil des Gewichtes des Körpers von dem längeren Arm selbst getragen wird. Es seyen z. B. zu dem kürzeren Arme 2 ℔ hinzuzusetzen damit derselbe mit dem längeren im Gleichgewichte sey, der Läufer p habe 3 ℔, und sey auf dem 4ten Eintheilung im Gleichgewichte, so muß man sich die Masse zwey Theile vorstellen, einen welcher das Gleichgewicht des Armes verursacht und hier = 2 ℔ ist, den andern, der 4 mal so viel wiegt als der Läufer und = 12 ℔ ist; folglich wird die ganze Masse 14 ℔ wiegen.

Es ist schon gezeigt worden daß die in eine Flüssigkeit eingetauchte Körper einen Theil ihres Gewichtes verlieren, das gleich dem der aus der Stelle gedrängten Flüssigkeit ist, wiegt man demnach Körper in der Luft, so findet man nicht ihr absolutes Gewicht, sondern nur den Ueberschuß des Gewichtes über das einer Menge Luft vom gleichen Raumeinhalte.

Die Wärmethätigkeit.

Das thätigste, und am allgemeinsten sowohl von der Natur, als den Künsten angewandte Agens, ist das Feuer, in jedem Augenblike empfinden wir die Wirkungen die es auf unsern Organe hervorbringt, es sey deßhalb dieselben mit einer zu großen Hitze brenne, oder dieselben während der strengen Winterkälte auf eine angenehme Art erwärme. – Das Feuer erwärmt alle Substanzen und wenn es dieselben nicht entzündet, so schmelzt es sie, macht sie flüssig, bringt sie zum Glühen, Sieden und verwandelt sie in Dünste. – Selbst wenn es mit geringerer Kraft zu wirken scheint, dehnt es die Dimensionen der Körper aus, verändert ihren Raumbeumfang und modifizirt sie ohne Unterlaß in ihren verborgensten Eigenschaften.

Ungeachtet das Wort Feuer zugleich auch den Begriff von Licht und Wärme mit sich führt, so kann man behaupten daß die oben angeführten Erscheinungen auch ohne Licht hervorgebracht werden können. – Überziehen wir z. B. einem eisernen Gefäße Bley, so wird dieses, welches nicht entzündet wird, und kein Licht verbreitet, seine Fähigkeit andern Körper zu erhitzen, es schmelzt Eis, Schwefel und Zinn, es entzündet Wachs, bringt Wasser und alle anderen Flüssigkeiten zum Sieden, und verwandelt sie in Dünste. – Da nun das geschmolzene Bley auf die genannten Körper ohne Flamme und Licht wirket, so lassen sich diese letztern von dem Begriffe Feuer absondern und dem Agidum auch einen eigenthümlichen Nahmen geben. – Wir nennen es Wärmethätigkeit, oder Wärmestoff und bezeichnen durch Wärme nur die Empfindung, welche die Wärmethätigkeit in unsern Organen erzeugt, und die im ausgedehnten Sinne die eigenthümliche Wirkungsart der Wärmethätigkeit selbst auch auf nicht organische Körper hervorbringt.

Der Wärmestoff oder die Wärmematerie ist also derjenige Stoff, welcher in uns, wenn derselbe mit uns in Verbindung tritt das Gefühl der Wärme, und bei dessen Abgang jenes der Kälte erregt. dieser Wärmestoff ist unsichtbar und strahlend, eine äußerst subtile flüssige Substanz, die sich im freyen Zustande von selbst mit einer nicht zu bestimmenden Geschwindigkeit bewegt, alle flüssigen und festen Körper, und selbst auch die härtesten von einer Oberfläche zur andern durchdringt, sich im freyen reinsten Zustande nur durch seine Wirkung auf das Gefühl äußert, sich in keinem Gefäße auffangen läßt, und nicht mit der zugleich erwärmenden und sichtbaren Flüssigkeit die wir Feuer nennen verwechselt werden darf; indem auch Wärme ohne Licht, und ohne Feuer existiren kann, und es nicht ausgemacht ist, ob auch Licht und Feuer ohne Wärme seyn können.—

Der Wärmestoff, oder die Wärmematerie befindet sich in der Natur überall, alle Körper enthalten sie mehr oder weniger, sie ist in der Erde die wir bewohnen, in der Luft die wir einathmen, in den Nahrungsmitteln die uns ernähren, in dem Lichte so uns leuchtet, in allen Gegenständen die uns umgeben; sie ist in uns selbst ein nothwendiger Theil zum Leben; diese Wärmematerie ist aber in einem doppelten Zustande vorhanden, nämlich im gebundenen als latenter oder verborgener Wärmestoff; und im freyen Zustande als strahlender Wärmestoff.— Nur die freye Wärme, nur die welche von ihrer Basis degagirt ist, kann auf unsere Organe wirken, nur sie kann in uns das Gefühl der Wärme erregen, und bei größeren Graden die Organe des Menschen zerstören und mit Leichtigkeit in alle Körper dringen.

den gebundenen Wärmestoff hingegen, ist im Zustande seiner Verbindung ganz unwirksam; und wenn auch ein Körper eine sehr große Menge enthielte, so würde er für uns nicht wärmer seyn, als der, welcher gar keine enthielte, wenn wir den Nullpunkt der Wärme kennten.

Die in den Körpern gebundene Wärme-Materie kann auf zweyerley Art rege gemacht werden, und zwar: erstens durch mechanische Mittel, durch Stossen, Reiben, Schlagen, das Feuerschlagen am Kiesel, das anhaltende Reiben zweyer harten Hölzer aneinander, die erstlich heiß und sodann in eine flammende Entzündung gerathen; 2tens, durch chemische Mittel, als durch das Zerlegen einiger Körper in Säuren, durch Prozesse in welchen heterogene Körper aufeinander wirken, wodurch denn aus latenten Wärmestoff fühlbare Wärme entsteht, die auf die Körper, welche sich in ihrer Atmosphäre befinden, wirken kann. So werden gleiche Theile kaltes Wasser, und concentrirte Schwefelsäure zusammengegossen eine solche Temperatur annehmen, welche der des kochenden Wassers nahe kommt; so wird Kalk mit Wasser erhitzt; und frisch bereitete luftleere Bittererde und mit gleich viel Schwefelsäure übergossen augenblicklich einen glühenden Zustand annehmen.

Die in den Körpern gebundene Wärme wird 3tens auch durch das Sonnenlicht rege gemacht, dieses wirkt als ein chemisches Reagens auf den Wärmestoff, und macht daß er frey wird. Die Größe der Erwärmung hängt bei denselben Körpern sowohl

von der Menge des herauffallenden Lichtes, als der Beschaffenheit seiner Oberfläche ab, welche die Lichtstrahlen entweder ganz oder zum Theil absorbirt, oder sie zurücksendet.

Versuche mit Kupferblechen, die einerseits mit den prismatischen Farben des Sonnenlichtes, andrerseits mit einer Wachssalbe bestrichen sind, und welche so, unter gleichen Umständen der Einwirkung des Sonnenlichtes ausgesetzt werden, können die Sache anschaulich darstellen. Es schmilzt nämlich die Salbe auf dem schwarzen Bleche am ersten, und unter allen, die, auf dem weißen Bleche am letzten.

Intensive Wärme und intensives Licht, [illegible] durch Condensation des Sonnenlichtes mittelst Brennspiegel, oder Brenngläser hervorgebracht werden, auch Luft und alle jene Gasarten welche Brennstoff enthalten, wenn sie auf einmal stark zusammengepreßt werden, entwickeln Wärme und Licht, und es erfolget eine wahre Entzündung, welche durch diejenige Wärme Materie veranlaßt wird, welche die Körper aus sich selbst entwickeln.

Licht und Wärmestoff sind fast immer miteinander verbunden, denn bedeckt man auch nur die Kugel eines empfindsamen Thermometers mit Phosphor, und hängt selben im dunklen Zimmer an die Luft, so wird der Phosphor leuchten, und das Quecksilber im Thermometer merklich steigen. Tritt Licht und Wärme mit luftförmigen Substanzen oder dem Flamme in Verbindung, so gibt eine solche Zusammensetzung [illegible] Feuer, dessen Flamme nur ein entzündeter Rauch ist.

…geriebenen Phosphor mit Papier zerreiben, oder darüber Schwefelsäure

gegossen, in eine flammende Entzündung, aber so Nelkenöl das mit rauchender Salpetersäure übergeschüttet wird.

Alle Verbrennungen sind aber nur eine Verbindung des Sauerstoffes mit den brennbaren Körpern, und nach den Graden der Schnelligkeit wie diese Verbindung vor sich geht, entwickelt sich zugleich Wärme, Licht, und Flamme; oder nur Wärme und Licht; oder nur Wärme allein bis zu einem unmerklichen Abnehmen; so verkalken, oxidiren oder verbrennen sich umgekehrt in einem steigenden Verhältniß die Metalle wenn sie nur der Luft ausgesetzt sind durch die Länge der Zeit, sie werden durch anhaltendes Hämmern, Reiben oder Bohren in einen glühenden Zustand versetzt, zumahlen durch Einwirkung größerer Wärme einfließt, und werden durch genugsame Dauer derselben gänzlich verkalket. Versuche mit dem Löthrohr können dieß deutlich anschaulich darstellen.

Aber die Wärmematerie häuft sich in den Körpern auf die sie einwirkt nur bis auf einen gewissen Grad an, über welchen Grad hinaus dieselben nicht mehr Wärme aufnehmen können, denn wenn die Metalle einmal schmelzen, und fließend hell glänzen, das Wasser einmal recht siedet, so zeigt ein darein versenktes Thermometer keine größere Hitze mehr an, sondern das Wasser dünstet aus, und die Metalle werden verkalket.
Hier verändert die Eindringung der Wärme in die Körper ihren Agregat Zustand, führet schmelzbare Körper in flüssige, und flüssige in Dampf oder Gasgestalt über, wodurch jederzeit Wärme gebunden wird. Entweicht die Wärmematerie wieder aus den Körpern welche durch sie in ihrer Form verändert worden sind, so kehren diese ihrer Natur gemäß wieder in ihren vorigen Zustand zurück.

Doch gibt es auch Substanzen, welche, so groß auch die Einwirkung des Wärmestoffes seyn mag, dennoch ihren Aggregationszustand nicht verändern, indem jeder Körper nach dem Maße der Dichtigkeit seiner Theilchen nur einen, aber auch nur einen gewissen Grad der Hitze erträgt.

Die in allen Theilen eines Körpers gleichförmig enthaltene Wärme heißt die Temperatur dieses Körpers. Die Temperaturen zweyer verschiedener Körper können sich gleich seyn, ohne daß sie in einerley Volumen dieselbe Quantität Wärmematerie enthalten.

Wir können aber auch eine zweifache Körperwärme annehmen, eine ursprüngliche, und eine mitgetheilte Wärme; und unter der ursprünglichen Wärme diejenige verstehen, welche die Körper im gebundenen Zustande schon vermöge ihrer festen, flüssigen oder luftförmigen Natur besitzen, und als Bestandtheile haben müssen, um in dieser oder jener Gestalt zu erscheinen; und unter mitgetheilter Wärme, jene, welche Körper durch Verbindung mit andern von höherer Temperatur erhalten.

Wenn Körper mit andern Körpern in Verbindung treten welche nicht die nämliche Temperatur haben, so ändern beide ihre Temperaturen, und die Ausgleichung der Wärme zwischen ihnen dauert solange, bis alle eine und dieselbe Quantität Wärmestoff zeigen; denn versenkt man ein Gefäß kaltes Wasser in siedendes, so wird letzteres kälter, und ersteres wärmer werden, bis endlich beide die gleiche Temperatur äußern.

Man verstehet aber unter Temperatur die verschiedenen Grade der Wärmethätigkeit, welche auf uns, oder andern Körper mehr oder weniger lebhafte Empfindungen der Wärme an hervorzubringen vermögend sind. Diese Empfindung der Wärme ist nicht einerley wenn man an dem warmen Ofen sitzet, oder ein glühendes Eisen berühret, die Wärme welche eine einzige glühende Kohle erregt, reicht wohl hin, um Schwefel zu entzünden aber keineswegs um Kupfer oder Silber zu schmelzen. Um aber ein genaues Maß für die verschiedenen Grade der Wirkungen der Wärmethätigkeit zu erlangen können wir wohl nicht ihre zerstörenden Wirkungen suchen, noch die veränderlichen Empfindungen der Wärme und Kälte die sie in uns erregt zum Maßstab annehmen, denn dieselbe Temperatur des Thauwetters, welche mitten in der Strenge des Winters so angenehm erscheint, würde uns, träte sie plötzlich während der Sommerhitze ein, unerträglich erscheinen. – Aus diesem Grunde erregt die Temperatur der Keller im Sommer in uns die Empfindung der Kälte, im Winter der Wärme, ungeachtet sie unveränderlich dieselbe bleibt, aus Ursache weil, wenn wir im Winter hinabsteigen, aus einer kälteren Luft in eine wärmeren, im Sommer aber aus einer wärmern Luft in eine kältere übergehen. – Ja es ist sogar möglich daß dieselbe Person, eine und dieselbe Substanz zugleich warm und kalt fühle; man darf zu diesem Endzweck nur die beiden Hände von denen die eine warm, die andere kalt gehalten wurde, in laues Wasser tauchen. Die ver=

schiedenen Grade der Intensität unserer Empfindungen, kön=
nen uns also zur Messung der Temperatur kein bestimmtes
Maß angeben.
Hingegen ist es Thatsache daß alle Körper durch die Wärme nach allen
Richtungen ausgedehnet werden, aber auch daß alle festen und
flüssigen Körper, wenn sie auch unter gleichen Umständen
gleiche Summen von Wärme erhalten, in dem Maße ihrer
Ausdehnung sich nicht gleich verbleiben, daß dieselbe bei luftförmigen Stoffen
größer als bei flüssigen, und bei flüssigen wieder größer
als bei festen sei, und daß diese Ausdehnung insbesondere bei den
Metallen sehr klein ist, solange dieselben von dem Zustande der
Schmelzung noch entfernet sind. Indessen werden doch diese Wir=
kungen bei einer großen Menge täglicher Erfahrungen be=
merkbar, als z.B. bei großen Wasserleitungen die aus Röhren
von Gußeisen verfertiget, und durch eisernen Schrauben an
einander befestiget sind, bringt der Unterschied der Tempe=
ratur im Winter, und Sommer eine so bedeutende Ver=
änderung in der Maßen dieses langen metallischen Cylin=
ders hervor, daß man genöthiget ist, von einer Entfernung
zur andern Röhren anzubringen, welche über einander
hinweggleiten, um diesen abwechselnden Wirkungen der Ausdehnung
und des Zusammenziehens nachgeben zu können, ohne welche
Vorsicht diese Verbindung von Röhren sich unfehlbar trennen würde.
Ähnliche Vorrichtungen müssen bei dem Baue eiserner
Brücken angebracht werden. Eine Folge der Veränderung
der Temperatur ist die Verlängerung der Pendelstangen im
Sommer, und ihre Verkürzung im Winter, so daß ihre Bewegung

bald langsamer bald schneller erfolgt.

Die Flüssigkeiten dehnen sich unter denselben Umständen ungleich stärker aus, als die festen Körper; ein metallenes Gefäß das mit Wasser angefüllt, und wohl verstopft ist; so daß kein Wasser durch irgend eine Oeffnung entweichen kann; wird, wenn es einer hohen Temperatur ausgesetzt ist, unfehlbar zerplatzen. — Erwärmt man eine mit Wasser gefüllte Glaskugel, welche mit einem engen Hals versehen ist, so wird sich die Flüssigkeit bald ausdehnen, und durch den Hals überfließen. Ein Beweis daß sich Wasser mehr als Metall und Glas ausdehnt.

Luftförmige Substanzen dehnen sich noch mehr aus als tropfbar flüssige Körper, ein Beispiel hievon giebt uns die Ausdehnung der Wasserdämpfe.

Will man in ein mit einem sehr engen Hals versehenes Gefäß Wasser, oder eine andere Flüssigkeit füllen, so darf man nur dieses Gefäß erwärmen, so wird sich die in demselben befindliche Luft ausdehnen und z. Theil entweichen; kehrt man nun das Gefäß in der Flüssigkeit, welche man einfüllen will, um, und wartet einige Augenblicke, bis sich die darin befindliche Luft abgekühlt hat, so wird sich dieselbe zusammenziehen, so daß die Flüssigkeit nun durch den Druck der äußern Luft durch die enge Mündung in das Gefäß eindringen kann, was sonst nicht so leicht geschehen könnte.

Bestimmt man genau die Ausmessungen der Körper, welche sie haben nachdem sie verschiedenen Temperaturen ausgesetzt wurden, so ergibt sich allgemein, daß, wofern das Feuer nicht ihre Natur, oder

oder Zusammensetzung verändert hat, sie bei der Rückkehr zu selben Temperatur immer genau dieselben Ausmessungen haben, so oft sie auch diesen abwechselnden Veränderungen ausgesetzt werden. – Diese Eigenschaft bemerkt man z. B. an den Metallen, wenn sie nicht bis zu dem Schmelzen, bei den tropfbar flüssigen, wenn sie nicht bis zu dem Sieden erhitzt werden.

Zwar findet man daß der Thon und einige andere Naturkörper die mit Wasser getränkt dem Feuer ausgesetzt werden, ihre ersten Ausmessungen nicht wieder annehmen und sich zusammenzuziehen scheinen, dieß ist aber eine Folge ihrer Austrocknung, und einer innigeren Verbindung ihrer Bestandtheile, man muß auf dieses bei Verfertigung gewisser großer als feuer irdenen Gefäße Rücksicht haben, weil diese sonst wenn sie aus dem Ofen kamen nicht dieselbe Größe haben würden, die man ihnen hat geben wollen.

Aus der Ursache des Zusammenziehens dieser Körper sieht man auch gleichfalls daß sie dennoch keine Ausnahme von dem Gesetze machen; daß alle Körper durch die Wärme ausgedehnt werden.

Die Eigenschaft daß alle Körper durch die Wirkungen der Wärme ausgedehnt werden, und bei Zurückkehr in dieselben Umstände wieder die vorigen Ausmessungen annehmen, gibt uns ein genaues und einfaches Mittel an die Hand, die verschiedenen Hitz und Wärme Grade zu messen; man hat sie zur Verfertigung von Werkzeugen benützt, welche man Hitz- oder Wärmemesser nennt.

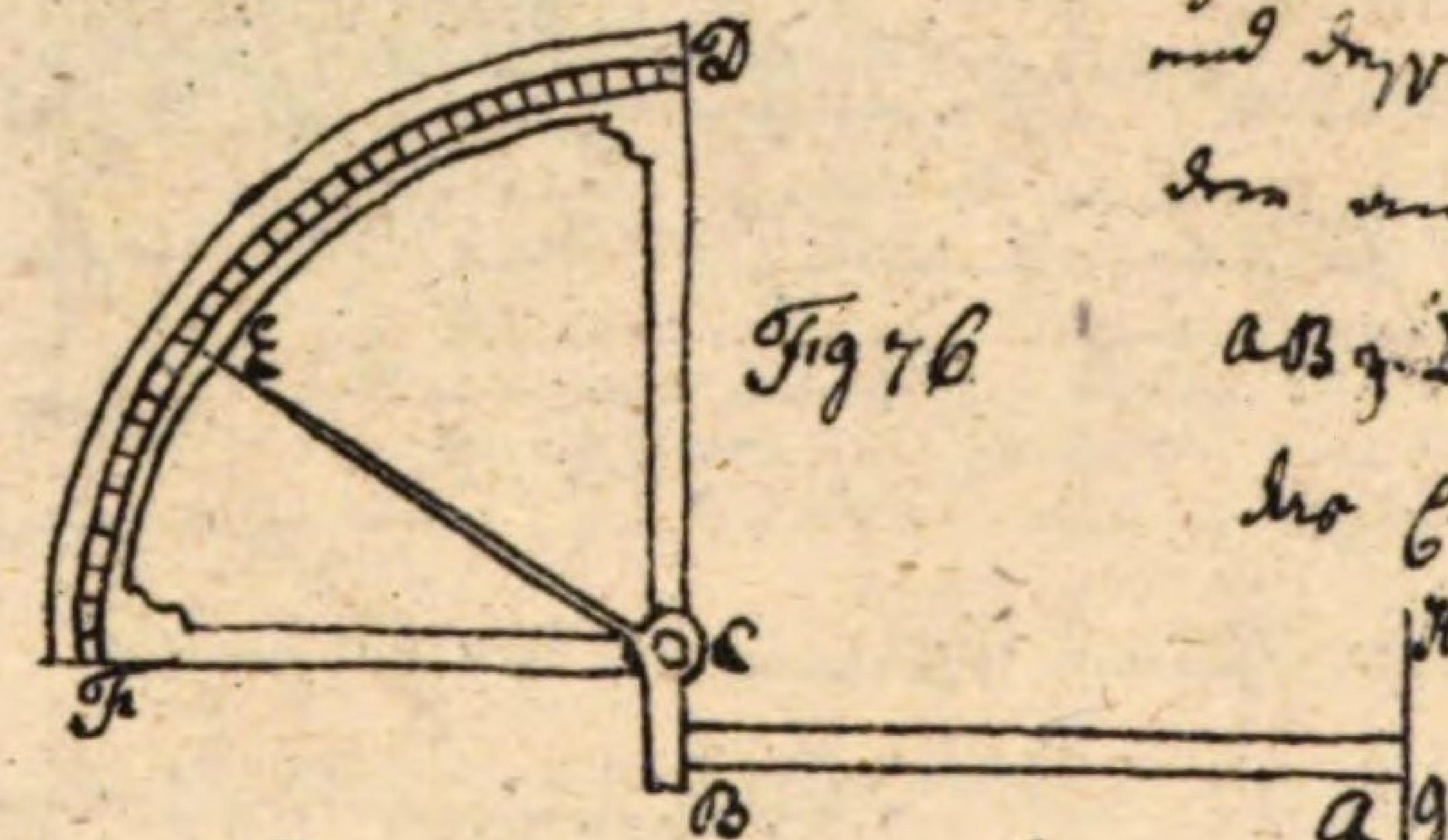
Man kann sich aller Körper für diesen Zweck bedienen, weil alle gegen die Veränderungen der Wärme empfindlich sind.

Auf die Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme gründen sich die verschiedenen Instrumente, die zur Messung der Hitzgrade des Feuers dienen als der Pyrometer oder Feuermesser. Gewöhnlich bedient man sich hiezu metallischer Stangen, und macht ihre geringe Ausdehnung dadurch bemerkbar, daß man sie durch Hebel oder Räderwerk vergrößert.

auf die Ausdehnung der flüssigen Körper gründen sich die verschiedenen Thermometer und Thermoskope; und die größere Ausdehnsamkeit der Luftarten, und der Dämpfe und Dünste durch die Wärme macht es auch möglich Wirkungen hervorzubringen, welche gern die durch mechanische Kräfte hervorgebracht werden können, in Hinsicht ihrer Größe weit übertreffen. – Die Wirkungen des Wasserdunstes in den Dampfmaschinen sind Resultate der ausdehnenden Kraft der Wärme.

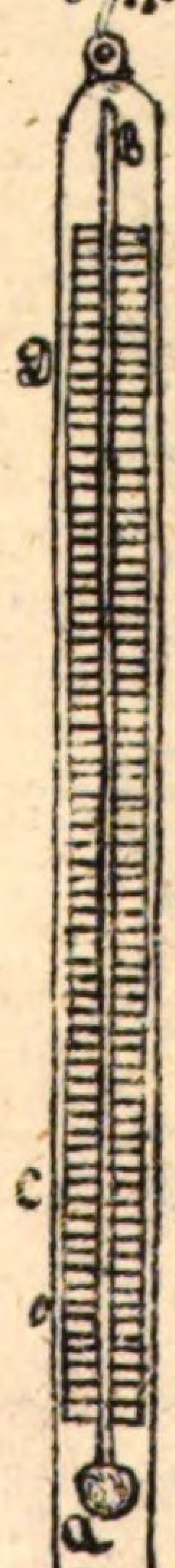
Um bei festen Körpern die Ausdehnung welche die verschiedenen Wärme Grade auf sie hervorbringen, bemerkbar zu machen, dient eine Verbindung von Hebel und gezahnten Rädern, allein der Irrthum über die genaue Größe der Ausdehnung kann um so größer ausfallen je größer die Zahl der Hebel und Räder ist, welche auf einander wirken, denn so vollkommen auch diese Theile gearbeitet, und an einander gepaßt werden, so wird doch eine Maschine die aus ihnen gebildet wurde, um so mehr einem unregelmäßigen Gange ausgesetzt seyn, je zusammengesetzter sie ist. Eine andere Schwierigkeit bei Messungen der Ausdehnung ist, daß selbst die Theile der Maschine, die mit der erhitzten Stange in Berührung stehen, mehr oder weniger von den Veränderungen der Temperatur leiden, daher taugen alle Apparate die man in Sammlungen physikalischer Werkzeuge findet, und die man Pyrometer nennt, wohl zum Zeigen der Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme, zum Messen derselben können sie jedoch nicht gebraucht werden.

Die einfachste Einrichtung die man einem solchen Apparat geben kann, ist folgende: Die Metallstange AB stütze sich mit dem einen Ende A an ein festes Widerlager HG; mit dem andern Ende drücke sie auf den äußersten Punkt B eines Winkelhebels ECB, der um den festen Punkt C beweglich,



und dessen ein Arm CE, z.B. 100mal länger, als der andere CB ist. Dehnt sich nun die Stange AB z.B. um einen halben Linie aus, so wird sie das Ende B des Hebels um diese Größe bewegen, folglich das Ende E des Zeigers einen 100mal so großen Weg d.i. für 100 halbe oder 50 ganze Linien zurücklegen. – Läßt sich hiernach auf der eingetheilten Scheibe FD, die Eintheilung zu Viertel Linien machen so wird jede derselben, wenn man sie auf den Endpunkt B des kürzeren Armes BC ansetzt, $\frac{1}{400}$ Linie betragen, woraus sich dann für einen gegebenen Wärmegrad das Maß der Ausdehnung von AB angeben läßt.

Fig. 77.



Die Ausdehnung der tropfbarflüssigen Körper oder der Gasarten, kann nur dann untersucht werden wenn sie in gläsernen oder metallenen Gefäße eingeschlossen werden, deren Rauminhalt ebenfalls verhältnißmäßig der Temperatur zu- oder abnimmt; was bei solchen Versuchen zu berücksichtigen ist.

Auf die Ausdehnung der Flüssigen durch die Wärme gründet sich der Thermometer, dieses besteht aus einer mit Quecksilber oder andern Flüssigkeit gefüllten Kugel a, an der sich eine gläserne Röhre aB befindet, die einen sehr kleinen und durchgängig gleichen Oeffnungsdurchmesser hat, luftleer gemacht, am oberen Ende B zugeschmolzen und in 80, 100 oder mehreren gleiche Theile, die man Grade nennt, eingetheilt ist. Das Steigen der Flüssigkeit in der Röhre zeigt eine Zunahme, das Fallen derselben eine Abnehmen der Temperatur an.

Es gibt verschiedene Thermometer als das Fahrenheitische, Reaumursche Celsiusische etc...

Fahrenheits Thermometer ist so wie das oben beschriebene eine gerade gläserne Röhre, die sich unten in eine Kugel oder einem Cylinder endiget, oben ist sie verschlossen und luftleer — der übrige Theil der Röhre samt der Kugel von A bis C z. B. ist mit Quecksilber gefüllet. Fahrenheit bestimmte den Punkt des siedenden Wassers dadurch, daß er die Kugel A in kochendes Wasser tauchte, worauf denn das Quecksilber in der Röhre z. B. bis D stieg, und bezeichnete diesen Punkt, den er Siedepunkt nannte, mit 212; den andern festen Punkt 0, welchen er den Eispunkt nannte erhielt er, indem er die Kugel A in ein Gemenge von gleichen Theilen Salmiak und Schnee stellte, welche Vermischung einen weit stärkeren Kälte als die des gefrierenden Wassers hervorbringt; worauf denn das Quecksilber bis 0 fiel. Er theilte hierauf den Zwischenraum von 0 bis D in 212 Theile, und so war der Thermometer construirt. Die Eintheilung in 212 Grade nahm Fahrenheit deswegen an, weil er bemerkt hatte, daß wenn man sich das Volumen des Quecksilbers bei seinem künstlichen Gefrierpunkte in 11124 gleiche Theile getheilet vorstellet, es sich bis zum Siedepunkte um 212 solcher Theile vergrößern, so daß es 11336 Theile ausmache. diesem zufolge beträgt die Ausdehnung des Quecksilbers von 0 Grad Fahr. bis zu dem Siedepunkt 0,019 seines Volumens. oder 1 Volumen Quecksilber wächst bis zu 1,019 an.

Der Raum zwischen dem natürlichen Eispunkt, und dem künstlichen Fahrenheit beträgt 32 solcher Theile, die ebenfalls auch noch unter dem künstlichen Eispunkt bis an die Kugel getragen werden können.

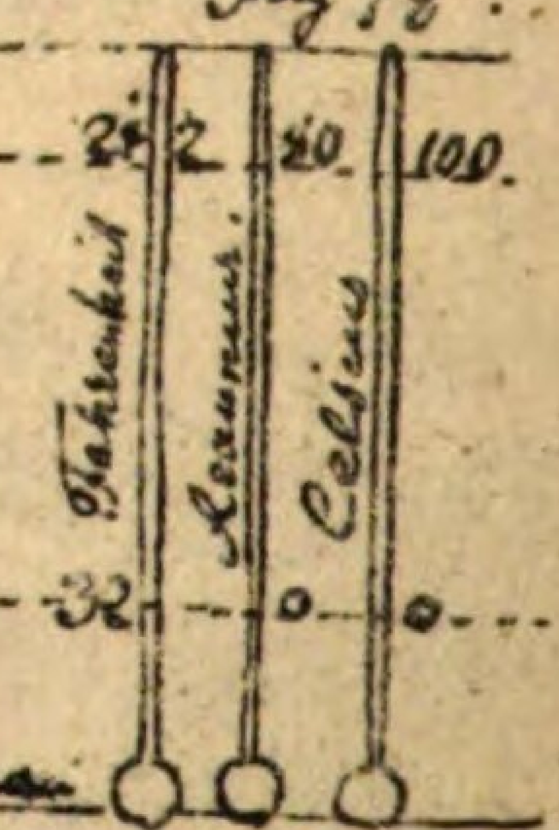
Bey dem Reaumürischen Thermometer wird die Glasröhre, nachdem sie mit gefärbtem Weingeist, oder Quecksilber gefüllet worden ist, erstlich in gefrierendes Wasser, oder geschabtes Eis

welches aber zu fließen anfängt, und alsdann in siedendes Wasser gesetzt, und der ganze Raum zwischen diesen beiden Punkten in 80 gleiche Theile getheilet, welche Theile auch unter dem Eispunkt, so weit als die Röhre erlaubt getragen werden können. Der Gebrauch des Weingeistes bei den Thermometern hat übrigens seine Unbequemlichkeit, weil derselbe mit der Zeit seine Farbe verliert und demzufolge im Glase fast unsichtbar wird.

Im Thermometer von Celsius wird der Gefrierpunkt auf dieselbe Weise wie bei dem Reaumürischen bestimmt, der Gefrierpunkt mit 0, der Siedpunkt mit 100 bezeichnet, und der Raum zwischen beiden in 100 gleiche Theile getheilet, und diese Eintheilung auch unter dem Gefrierpunkte von 0 bis in das unterste Ende der Röhre fortgesetzt.

Diese drey Thermometer denen es noch viele andere von verschiedener Einrichtung und Grundprincip gibt, stehen mit ihrer Eintheilung wie in folgender Figur nebeneinander.

Fig. 78.



32° Fahrenheit entsprechen 0 Grad Reaumur und 0° Celsius. 0 Grad Fahr. entspricht $14\frac{2}{9}$ R oder $17\frac{7}{9}$ Cels.

212° Fahrenheit entsprechen 80 Reaumür, oder 100 Grad Celsius.

Um die Grade eines Thermometers in Grade eines andern zu verwandeln bedenke man daß

180° Fahr = 80 Reaumur = 100 Grad Celsius. daraus erhält man

$1°$ Fahr $= \frac{4}{9}$ R $= \frac{5}{9}$ C.

$\frac{9}{4}$ Fahr. $= 1$ R $= \frac{5}{4}$ Cel.

$\frac{9}{5}$ Fahr $= \frac{4}{5}$ R. $= 1$ Cel.

So sind z. B. 1) $20°$ R. $= 20 \cdot \frac{9}{4}$ F $= 45$ Fahr. und die Fahrenheitische Scale zeigt $45 + 32 = 77°$ F.

2) $20°$ Reaumur $= 20 \times \frac{5}{4}$ Cels. $= 25°$ Cels.

Da von dem Druck der Luft die Temperatur abhängt bei welcher flüssige Körper zum Sieden und in Dampfgestalt übergehen, so hat man bei der Siedpunktbestimmung genauer Thermometer auch auf den Druck der Luft Rücksicht zu nehmen.

Wasser z. B. kocht bei dem gewöhnlichen Druck der Luft bei 212° F., im luftleeren Raum aber schon bei 42° - Wasser kocht demnach um so leichter je geringer der Druck der Atmosphäre ist, also auf hohen Bergen bei niedrigerer Temperatur als in tiefen Thälern; auch kocht Wasser in rauhen ungeglätteten und schon gebrauchten Gefäßen lieber, und früher als in polirten und neuen. Das Wasser durch welches man den Siedepunkt bestimmen will muß übrigens auch rein, und in gläsernen Gefäßen zum Kochen gebracht werden, indem dasselbe in Metallgefäßen auch nicht so warm wird.

In Hinsicht der Temperatur des thauenden Eises, oder Schnee's ist zu bemerken, daß man sie nicht mit der Temperatur des Wassers welches anfängt zu frieren verwechseln darf, denn das Wasser kann unter gewissen Umständen merklich kälter werden als thauendes Eis, ohne daß es aufhört flüssig zu seyn - Man kann demnach die Temperatur bei welcher das Wasser friert nicht als beständig betrachten, wo hingegen die Temperatur, bei welcher gefrornes Regenwasser, oder Schnee schmelzen, beständig dieselbe ist.

Das Quecksilber ist bei Verfertigung der Thermometer allezeit ganz in das Medium einzutauchen, dessen Temperatur man sie geben will. Aus der Ausdehnung des Quecksilbers wird man erkennen daß während des Kochens des Wassers gegen den Boden zu etwas heißer wird, indem der Wasserdunst der sich alda bildet, und dessen Entweichen durch die darauf liegende Wassersäule zum Theil gehindert ist eine weit höhere Temperatur

als die des kochenden Wassers annehmen kann. – Denn es ist klar daß der Wasserdunst, welcher sich am Boden des Gefäßes bildet, weit heißer wird, als der auf der Oberfläche; weil er von dem Gewichte der über ihm befindlichen Wassersäule zusammengedrückt wird; er wird sich demnach stärker erhitzen müssen, ehe er entweicht, auch dem Wasser wird er diesen Überschuß von Wärme mittheilen, und aus dieser doppelten Ursache, wird der in die untern Schichten des Wassers eingetheilte Theil des Thermometers stärker erhitzt seyn, als jener welcher der Oberfläche näher ist.

Man hat die Bemerkung gemacht daß die Temperatur des kochenden Wassers an der Oberfläche genau dieselbe ist, als die des entweichenden Dunstes, dieß gibt uns ein sehr einfaches Mittel das Thermometer ganz in die Temperatur welche man ihm geben will einzutauchen, und so den Siedepunkt desselben zu bestimmen – Denn es ist ganz einerley ob man die Kugel bis auf eine geringe Tiefe in das Wasser oder in den Wasserdunst taucht. Um sich hiervon zu überzeugen, nehme man ein Gefäß mit einem engen langen Halse, fülle dieses bis auf eine gewisse Höhe AB mit Wasser, bringe dieses zum Kochen, und wenn es vollständig siedet tauche man ein Thermometer MF bis auf eine gewisse Tiefe ein, und bemerke den Punkt M bey welchem das Quecksilber stehen bleibt, dieses wird der Siedepunkt seyn – Wird das Thermometer aus dem Wasser herausgehoben, so daß die Kugel und die Röhre desselben nur von dem Dunste umgeben sind, so wird man, wenn das Kochen des Wassers ununterbrochen fortgesetzt.



Fig 19.

wird, nicht den mindesten Unterschied in der Höhe des Quecksilbers wahrnehmen. — Die obere Oeffnung CD kann dabei durch einen Kork verschlossen, und der Wasserdunst, damit derselbe der Beobachtung nicht hinderlich ist, durch eine andere Seitenöffnung ausströmen. Die Hitze des siedenden Wassers ist aber nicht aller Orten dieselbe, sie richtet sich wie gesagt nach dem Drucke der Luft oder nach der Höhe, in welcher man sich in der Atmosphäre befindet, so siedet z. B. auf dem Montblanc das Wasser schon bei 69° R. — und Humboldt gibt uns für die Abnahme der Siedhitze in den verschiedenen Höhen folgende Tabelle und zwar wenn an der Oberfläche des Meeres die Siedhitze = 80° R gesetzt wird, ist dieselbe in der Höhe über dem Meere.

von 500 Toisen	= 77,7° R fig.		in 2000 Toisen	= 70,5° Reaum. fig	
" 1000 "	= 75 "	"	" 2500 "	= 67,7 "	"
" 1500 "	= 73 "	"	" 3000 "	= 64,8 "	"
			" 3500 "	= 61,6 "	"

Woraus sich im Mittel das beständige Gesetz ergibt, daß die Siedhitze von 500 zu 500 Toisen um 2,625° R. und für jede 100 Toisen um 0,525° R abnehme —

Auch ist zu bemerken, daß unreines Wasser, welches Sand, Erdtheile, salzige oder andere Theile enthält schwerer kocht, als reines Wasser — und selbst eine höhere Temperatur annehmen können so kann z. B. bei Salzwasser an der Meeresfläche die Temperatur bis 107° C gesteigert werden.

Sehr scharfsinnige thermometrische Werkzeuge sind das Differenzial Thermometer von Leslie, und das Thermoskop von Rumford.

Um das Differenzial Thermometer zu verfertigen nimmt man zwey Glasröhren von ungleicher Länge, die sich beide

in einer hohlen Kugel endigen, und deren Durchmesser sich nach der entgegengesetzten Seite hin in etwas vermindert. In die an der längeren Röhre befindliche Kugel füllet man eine kleine Menge Schwefelsäure, die mit Carmin gefärbt war. Beide diese Röhren werden hierauf an der Schmelzlampe vereinigt, und so gekrümmt wie es die Figur zeigt.

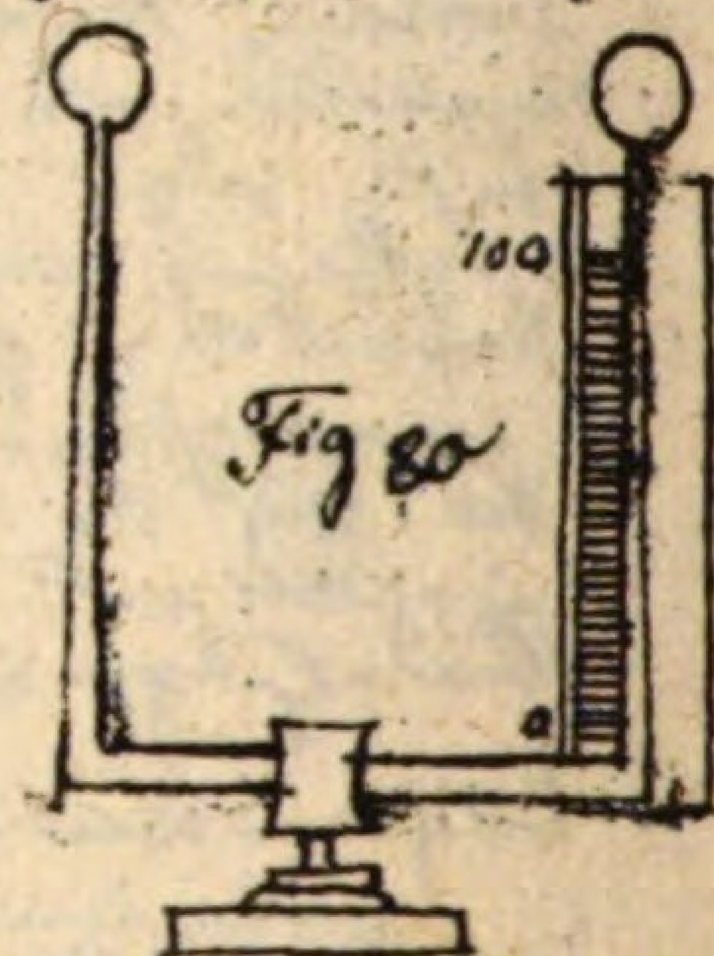


Fig 80

Werden sodann die beiden Schenkel des Werkzeuges, die an beiden Seiten der Flüssigkeit liegen derselben Temperatur ausgesetzt, so wird die in jedem Schenkel enthaltene Luft als gleichförmig erwärmt, auf die Flüssigkeit eine gleiche Kraft äußern, mithin sie nicht von der Stelle verdrängen. — Wird aber einer dieser Schenkel stärker erhitzt als der andere, so wird die in ihm befindliche Luft einen höheren Grad der Spannkraft äußern, und die Flüssigkeit nach der entgegengesetzten Seite treiben. — Dieses Werkzeug gibt demnach nur den Unterschied der Temperaturen an, welche auf die beiden Kugeln wirken, wovon es auch seinen Nahmen: Differenzial Thermometer bekommen hat.

Das Thermoscop von Rumford ist im Grunde das Differenzial Thermometer von Leslie, nur mit dem Unterschiede daß dessen Röhre wagrecht liegt, und die Kugeln desselben weiter von einander entfernt sind — Diese Änderung gestattet, daß man leichter auf jede einzelne Kugel wirken kann, indem man dieselbe durch aus Pappe gemachte, mit Goldpapier überzogene Schirme trennt.

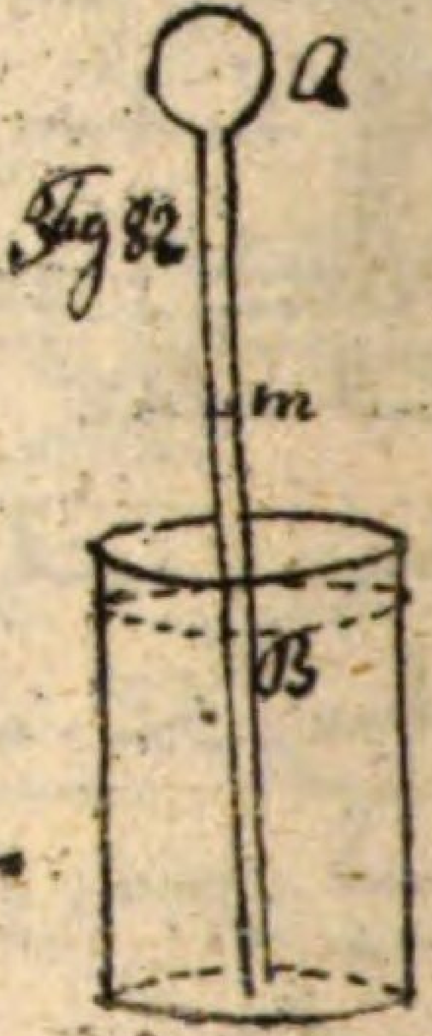
Fig 81



Die Anwendungen des Thermometers sind bei den Versuchen in der Physik und Chemie überhaupt, so wie in den übrigen Naturwissenschaften sehr mannichfaltig – Die Anzeigen des Thermometers dienen uns zur Grundlage der Theorie der Wärme, es ist der Maßstab zu chemischen Arbeiten, der Astronom braucht es bei seinen Beobachtungen um die Abweichung zu berechnen, welche die Lichtstrahlen nach Verhältniß der Temperatur bei ihrem Durchgange durch die Atmosphäre erfahren – Dem Thermometer verdanken wir ferner alle Kenntnisse, welche wir über die durch das Athemholen erzeugte und unterhaltene thierische Wärme besitzen – Das Thermometer bestimmt an jedem Orte der Erde die mittlere Temperatur, und das Klima, die an Heftigkeit von dem Equator bis zu den mit starren Eis bedeckten Polen abnimmt. es belehrt uns über die Abnahme der Wärme, so wie man sich in höhere Gegenden der Atmosphäre erhebt. Das Thermometer hat uns auch zur Entdeckung geführt, daß die Temperatur eines Körpers während seines Überganges aus dem festen in den tropfbar flüssigen, oder dunstförmigen Zustand, sich beständig bleibe; so daß, wenn man fortfährt ihn während der Dauer dieser Veränderungen zu erhitzen, alle Wärme, welche man ihm zuführt verschwindet, und keine andere Wirkung hervorbringe, als das angefangene Schmelzen oder Verdünsten desselben zu unterhalten.

So oft also feste Körper in flüssige, oder flüssige in Luft oder Gasform übergehen, wird Wärme gebunden, und auf unser Gefühl unwirksam gemacht, daher kommt es, daß im Momente des Aufthauens die Kälte noch sehr empfindlich ist, daß zuweilen durch aufgespritztes Wasser abgekühlet, daß das Wasser in einem dünnen Glase, das mit Baumwolle umgeben und mit Aether befeuchtet

unter der Luftpumpe gefrieren, und daß eben so im luftleeren Raume Schwefel alcohol, und Aether durch schnelles Verdünsten eine Kälte hervorbringen, welches Quecksilber gefrieren macht. Auch werden Getränke in Flaschen abgekühlet wenn man sie in die Erde vergräbt, und darauf Feuer brennt, da wenn sie mit nassen Leinwand umwunden der Luft zur Verdünstung ausgesetzt werden; selbst Luftarten können durch Entziehung ihres gebundenen Wärmestoffes abgekühlet, und dadurch wieder verdichtet werden, dieß zeigt der Versuch Fig 82 wenn man an der Kugel einer mit Luft gefüllten Röhre Ba Wasser, Weingeist oder Aether verdunsten läßt, so wird der Flüssigkeit B bis m steigen.



Mischet man dem Gewichte nach gleich viel Schnee von 0° R, und Wasser von 60° R. mit einander, so schmilzt der Schnee ganz, und die Temperatur der Mischung ist =0, da hier nichts vorgegangen ist, als die Schmelzung des Schnees, so sind die 60° Wärme des Wassers nur dazu verwendet worden, um den Schnee zu schmelzen, und diese Wärme ist nun im Wasser im gebundenen Zustande vorhanden, Es wird daher um 1 ℔ Eis oder Schnee zu schmelzen, eben so viel Wärme erfordert, als um 1 ℔ Wasser von 0 bis auf 60° zu bringen.

Der Thermometer in Schnee versenkt steigt nicht während derselbe noch schmilzt, wenn auch noch so viel heißes Wasser dazu gegossen wird, indem die Wärme desselben zur Schmelzung des Schnees verwendet wird, auch steigt es im siedenden Wasser nicht über den Siedepunkt, wenn auch die Hitze des Feuers noch so sehr verstärkt wird, indem das Wasser in Dünste übergehet, und die übrige Wärme bindet.

Je flüssiger ein Körper wird, je mehr müssen seine Theile von einander getrennt werden, damit die anziehende Kraft nicht mehr so stark auf dieselben wirken könne; diß geschieht aber nur durch Eindringung der Wärme Materie, folglich kann eine solche Wärme die dahin verwendet wird um die anziehende Kraft zu schwächen nicht mehr auf das Gefühl oder den Thermometer wirken, sondern verbleibt bei der Schmelzung des Schnees oder Eises in dem erzeugten Wasser, oder bei dem Uebergang des Wassers in die Dunstform in einem verborgenen auf das Gefühl unwirksamen Zustande. Diese im Wasser gebundene Wärme sey zeigt folgender Versuch: Mengt man $\frac{1}{6}$ ℔ Wasser von 0° R zu 1 ℔ Schnee von − 10° R. so gefriert die ganze Masse, und der Thermometer zeigt die Temperatur 0. — Da hier die Temperatur des Schnees um 10° gestiegen und die des Wassers die nämliche geblieben ist, so hat das Wasser soviel gebundene Wärme frey gegeben um 6 mal so viel Schnee von − 10 Grad auf die Temperatur 0 zu erheben.

Werden Salze aus dem festen Zustande dadurch in den flüssigen über=geführet, daß man sie im Wasser auflöset, so absorbiren sie soviel Wärme daß dadurch die Temperatur der Auflösung beträchtlich fällt. Bei einer Mischung von 20 Theilen Wasser. 11 Th. Salmiak, 10 Th. Salpeter, und 16 Th. gepülverten Glaubersalz sinkt die Temperatur selbst in den heißesten Sommertagen tief unter den Gefrierpunkt des Wassers ein. Macht man das Gefäß in welchem sich die Ingredienzen befinden von außen naß so bildet sich Reif.

Werden zwey Körper zugleich flüssig, so muß noch mehr Wärme
absorbirt werden. Große Kälte erregende Mischungen sind
2 Theile Schnee oder gestossenes Eis mit 2 Th. Kochsalz, oder
2 Th. Schnee mit 3 Th. crystallisirtem salzsauren Kalk; die Ursache
dieser Verkältung ist ebenfalls diese daß eine Substanz nicht
in die flüssige- oder Dunstform übergehen kann, ohne sich
mit einer großen Menge Wärmestoff zu verbinden, die
Körper nehmen dabei nur den Wärmestoff in sich auf, und sind
demnach nicht die unmittelbaren Ursachen der Kälte –
Stellt man ein Glas Wasser in solche Mengung von Kochsalz
und Schnee so gefriert das Wasser und gibt künstliches Eis. auch
Salpeter, gez. Salmiak und gez. Mineral Alkali von jedem gleichviel
ziehen alles Wärme aus dem Glase und dem Wasser.
In der Mischung von gleichem Gewicht Schnee und Kochsalz
sinkt die Temperatur bis auf 18° C unter Null; Erkaltet
man in dieser Temperatur 2 Th. salzsauren Kalk und
einen Theil Schnee jedes für sich, und mischt diese als dann
zusammen, so wird die Temperatur der Mischung bis
auf 54° C unter 0 herabsinken, läßt man in dieser
letzten Temperatur noch 4 Th. Schnee, und 5 Th. mit Wasser
verdünnter Schwefelsäure erkalten, und vermischt
sie sodann so wird die Temperatur bis auf 80° C
unter Nul fallen.
Alle diese Erscheinungen beweisen, daß wenn ein Körper in
den tropfbar flüssigen Zustand übergehen Wärme gebun-
den werde, und folglich die Temperatur fallen
müsse.

und zwar fällt nur die Temperatur derjenigen Körper, aus welchen die Wärme gezogen wird. Als Urgestalten der Wärme macht daß die Cohäsionskraft freyer wirken, die Annäherung, und Berührung der Theile unter sich befördern, und in Ruhe bringen können, die Kälte ist also kein eigener Stoff für sich sondern nur ein geringerer Mangel an Wärme, und wir nennen nur diejenigen Körper kalt, die uns in Bezug auf andere die wir wärmer fühlen, nicht so warm erscheinen; so fällt das aus dem temperirten Luft in Schnee oder Eis gebrachte Thermometer, es würde aber steigen wenn das Thermometer zuvor in einer Mischung von Salz und Eis gestanden hätte.

Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme

Von Null bis 100° Cels. erwärmend, dehnen sich aus, die Länge des Stabes mit welchen der Versuch angestellt worden, = 1 angenommen.

Eisendraht	0,001235	Silber feines durch Copulation	0,00190974
Eisen geschmiedetes	0,00122	Silber Pariser Probe	0,00190868
Bley	0,0028	Zink	0,00308
Platina	0,00086	Kupfer	0,00171735
Antimon	0,00108	Messing	0,00187821
Gußeisen	0.00111	Gold geschmiedetes	0,00166
Wismuth	0,00139	Pariser Probegold	0,00151361
Spießsilber	0,00161905	Zinn englisches	0,00217298
Stahl nicht gehärteter	0,00108	Zinn ostindisches	0,00193765
Stahl gelb angelaufen	0,00124	Flintglas englisches	0,00081166
Spiegelglas von St. Gobin	0,00089	Glas franz. mit Bley	0,00087199
gewöhnliches oder gemeines Glas	0,00088	Glas ohne Bley in Röhren	0,00087572

Das Maß der Ausdehnung der Metalle bei der verschiedenen Temperaturen ist sehr wichtig, um die Veränderungen der Ausmessungen, den die astronomischen Werkzeuge unterworfen sind zu berichtigen man bedient sich desselben um die Länge der metallenen Maßstäbe auf dieselbe Temperatur zurückzuführen, und wendet sie an um die durch verschiedene Temperatur verursachten Veränderungen der Länge der Pendelstangen zu bestimmen. — Wächst nämlich die Temperatur, so werden sich die Metallstangen verlängern, dadurch fällt der Mittelpunkt der Schwingung tiefer, das entsprechende einfache Pendel wird länger, und die Schwingungen gehen langsamer vor sich; fällt hingegen die Temperatur so geschieht das Gegentheil. — Diese Störung kann durch mechanische Vorrichtungen die man Compensatoren nennt abgehalten werden sie erheben nämlich wenn sich die Stange verlängert einen Theil des ganzen Gewichtes, und bringen dieses tiefer herab wenn sich jene verkürzt



Fig 83

Eine der gebräuchlichsten Vorrichtungen ist ein eiserner Rahmen ABCD, der im Punkte A an einer eisernen Stange aufgehangen ist. Die Pendelstange FL ist gleichfalls aus Eisen gemacht, aber nicht unmittelbar an dem eisernen Rahmen sondern im Punkte F an einem kupfernen abcd befestigt, welcher letztere sich in c und d in dem eisernen aufhebt.

Man weiß nämlich, daß bei derselben Veränderung der Temperatur Kupfer sich stärker ausdehnt als Eisen, und für gleiche Längen sich die Größen der Ausdehnung wie 17:12 verhalten. Auch könnte der innere Rahmen abcd aus Zink verfertigt seyn dessen Ausdehnung sich zu jener des Eisens wie 5:2 verhält.

Wächst demnach die Temperatur so werden sich der eiserne Rahmen ABCD, und die eisernen Stangen SF und FL verlängern allein zu gleicher Zeit werden die Stäbe acbd des inneren Rahmens

sich abwärts verlängern, und zwar um eine Grösse welche die der eisernen Stäbe ABCD übertrifft. — durch diesen Ueberschuss der Ausdehnung wird der Aufhängspunkt F mehr gehoben, als ihn die Ausdehnung des eisernen Rahmens herabbringt; und so wird dadurch ganz oder zum Theil die Verlängerung der eisernen Stäbe aus welchen der Apparat besteht aufgehoben. Unterwirft man diese Anordnung mathematischen Berechnungen so findet man daß die compensation durch Verbindung eines eisernen und kupfernen Rahmens allein sich nicht genau erreichen läßt, welches davon herrührt, weil der Unterschied ihrer Ausdehnung nicht groß genug ist. —

Um dieses zu vermeiden muß der kupferne Rahmen abcd nicht unmittelbar die Stange FL, sondern einen andern Rahmen A'B'C'D' tragen, an dem die beiden Seitenstangen A'C' B'D' von Eisen sind, und wo die mittlere Querstange einen Rahmen a'b'c'd' trägt dessen beiden Seitenstangen von Kupfer oder Zink sind. Wird die Stange FL an den 2ten innern Rahmen befestigt, und sucht man durch Rechnung die Entfernung des Mittelpunktes Q vom Aufhängs-punkte S, so werden die Compensations Bewegungen für den Mittelpunkt der Schwingung viel genauer seyn. Man berechnet die Unveränderlichkeit desselben wenn die Summe aller kupfernen Stäbe, die zu ihrer Vorrichtung angewendet werden = dreymal der Entfernung des Schwerpunktes der Linse von der Axe des Aufhängspunktes angenommen wird. Man kann demnach vermittelst dieser sehr einfachen Regel

Fig 84



nach Willkür die Länge der Stäbe und ihre Anzahl, auf eine Art verändern die am bequemsten ist, und am gefälligsten ins Auge fällt. Gewöhnlich beschränken sich die Uhrmacher darauf, einen Rahmen zu wählen, so wie die Figur anzeigt zu stellen.

Einen ungleich einfacheren Compensator stellt die Fig. 85 vor. Es werde bei einer mittleren Temperatur z. B. von 10 Grad eine Eisenplatte m n auf eine gleich lange Kupferplatte p q gelegt, und in dieser Lage miteinander durch eine Menge kleiner Schrauben befestiget, und also mit den an beiden Enden daran geschraubten gleichen Massen A und B mit der Pendelstange F C in Verbindung gebracht, so wird, so lange die Temperatur sich nicht ändert das System der beiden Platten m n und p q geradlinige Lage. So wie sich aber die Temperatur ändert, wird diese geradlinige Richtung aufhören, bei höherer Temperatur wird die Kupferplatte sich stärker ausdehnen als die eiserne, demnach wird sich die Verbindung auf die Art wie A' C B' krümmen, so daß die Eisenplatte sich im Innern der Krümmung die Kupferplatte sich aber außerhalb derselben befindet. Zugleich verlängert sich die Stange F C, aber während C und V sich senken erheben sich durch die Krümmung von A B die Massen A' und B' die an den Schrauben V V der Stange F C genähert oder von derselben entfernt werden können, so lange das Pendel der Regulierung bedürftig ist.

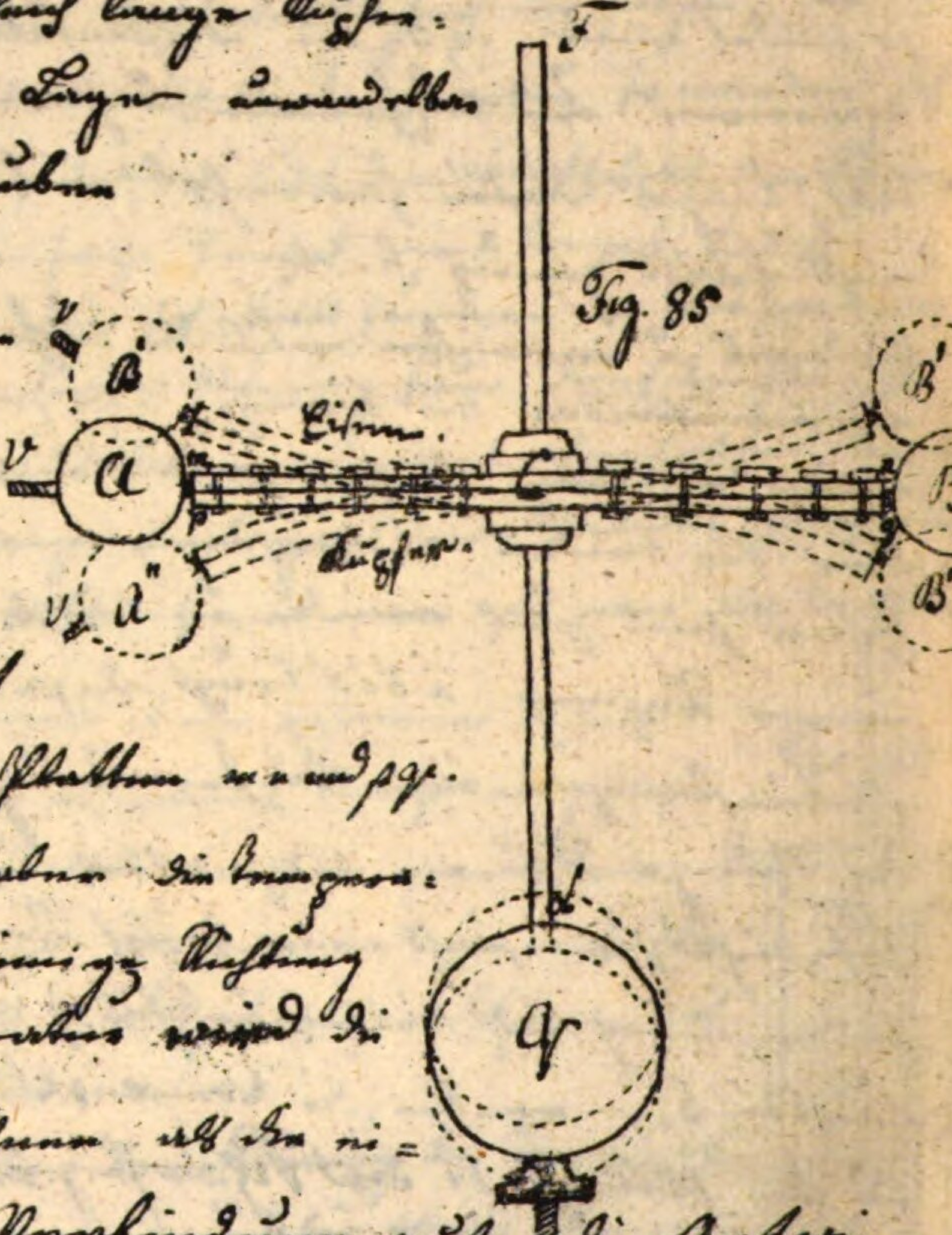


Fig. 85

Wenn hingegen die Temperatur unter die angenommene Gränze 10°; so wird die Stange FL sich zusammenziehen und die Linse G so wie der Punkt C in die Höhe rücken, zu gleicher Zeit werden aber auch die Platten indem sie sich krümmen die Massen A'' B'' herab-drücken, und diese Wirkungen werden sich wieder bekämpfen.

Aus der bekannten Ausdehnung der Metalle lassen sich die Ausmessungen der verschiedenen Theile des Apparats durch Rechnung so genau finden daß man die Ausgleichung beinahe als vollständig betrachten kann.

Die Compensationen bei den Pendeln lassen sich auch entbehren wenn die Stangen derselben aus im Ofen getrockneten Holze, das in Oel gekocht und gefirnisst worden ist verfertiget werden. indem die Ausdehnungen welche hier die Temperatur äußern läßt fast unmerklich sind.

Ausdehnung der tropfbar flüssigen Körper durch die Wärme.

Um die Größe der Ausdehnung der tropfbar flüssigen Körper durch die Wärme zu untersuchen, wählt man nun genau calibrirte Röhre, die sich in eine Kugel von einem bestimmten Rauminhalt endet, welcher Rauminhalt aber im Vergleich mit jenem der Röhre sehr groß seyn muß; auch wird die Röhre dem Rauminhalte nach in gleiche Theile abgetheilt. — Man fülle die Kugel und einen Theil der Röhre mit der zu untersuchenden Flüssigkeit, erhitze dieselbe um sie von der Luft zu reinigen, bis zum Sieden, und wenn sich dieselbe so weit ausgedehnt hat, daß sie die ganze Röhre anfüllet, so schmilzt man diese an der Lampe zu. Mit einem Worte man macht ein wahres Thermometer daraus, bringt es in eine Flüssigkeit auf die verschiedenen Grade der Temperatur, und bemerkt jedesmal die Abtheilungen bei welchen die Säule stehen bleibt, auf diese läßt sich die Ausdehnung der tropfbar flüssigen Körper dadurch bestimmen, daß man

in ihnen bei verschiedenen Temperaturen derselben Metallkugeln, ihre Ausdehnung war bekannt, wiegt.

Unter allen Flüssigkeiten ist die Ausdehnung des Wassers am meisten untersucht worden, und da hat man denn gefunden, daß sich das Wasser beim Erkalten nicht auf eine beständige Art zusammenziehe. Ihre Zusammenziehung vermindert sich bei jedem Grade so wie die Temperatur gegen den 4ten Grad Cels. herabsinkt, über diese Gränze hinaus bleibt ihr Raumumfang wenn die Temperatur noch tiefer sinkt einige Zeit beständig und dehnt sich sodann wieder aus. — Das maximum der Dichtigkeit des Wassers findet zwischen + 3,75° C. und 4,44° C. statt — Die Zunahme des Rauminhalts des Wassers für niedrigere Temperaturen als jene Gränze erstreckt sich noch über 0 hinaus.

Untersucht man die Ausdehnung anderer Flüssigkeiten nahe bei ihrem Gefrier- und Siedpunkt so bemerkt man Eigenheiten die denen ähnlich sind, welche das Wasser darbietet. Quecksilber welches bei 39° C unter Null gefrieret zieht sich bei dem Gefrieren schnell zusammen.

Die absolute Ausdehnung des Wassers von 0 bis 100° C beträgt 0,0466.
die des höchst rektifizierten Weingeistes 0,12548
" des Quecksilbers $\frac{100}{5412}$ = 0,01847
" Äthers und Terpentinöls = 0,0714.
der fetten Öle = 0,0833
der Luft 0,375.

Ausdehnung der Gasarten durch die Wärme

Um die Ausdehnung der gasförmigen Substanzen zu bestimmen, füllt man dieselben wie bei den tropfbaren Flüssigkeiten in Röhren, die dem Rauminhalte in gleiche Theile getheilt, und mit einer Kugel versehen sind, deren Durchmesser in Vergleich mit jenem der Röhre sehr groß ist, stellt diese Gasarten unter einem bekannten Druck, setzt sie verschiedenen Temperaturen aus und beobachtet hierbei die Größe ihrer Ausdehnung oder Zusammenziehung; mit einem Worte, man verfährt wie beim Thermometer.

Da die Glasröhren welche der atmosphärischen Luft ausgesetzt, in ihrem Inneren immer mit einer unmerklichen Schichte Wasser belegt sind, welches durch die Wärme in Dünste verwandelt, mit dem Gase vermischt dessen Volumen vergrössern würde, so sind die Röhren, ehe dieselben mit dem Gase gefüllt werden, sorgfältig zu trocknen. In die Röhren selbst wird sodann nur ein bestimmtes Maß Gas eingefüllt, und nachdem dieses geschehen ist, werden dieselben in Vergleichung der Thermometer verschiedenen Temperaturen dadurch ausgesetzt, daß man sie in Wasser von 0 Grad bis dieses zum Siedepunkt erhitzt, und den Fortgang der Ausdehnung im Vergleich mit den Thermometer Graden bemerkt, und anzeichnet.

Gay Lussac fand die Ausdehnung der beständigen Gasarten unter gleichen Umständen gleich jener der Luft, und zwar von 0 bis 100° C = 0,375. so daß für jeden Grad des 100theiligen Thermometers die Ausdehnung = 0,00375 ist. — Dalton, Dulong. Petit die sich statt des Wasserbades eines Bades aus fetten Öls bedienten, fanden daß über 100° hinaus das Quecksilber sich rascher als das Gas ausdehnte, und dieses um so mehr je näher es seinem Siedepunkte rückte — besonders fanden sie daß bei diesen erhöhten Temperaturen auch Glas, Kupfer, Platin und Eisen gegen das Gas und selbst gegen das Quecksilber einen Unterschied in der Ausdehnung zeigten. — Die gasförmigen Stoffe, die durch das Verdünsten von tropfbarflüssigen erzeugt werden, dehnen sich in ihrem gasartigen Zustande eben so wie die Gasarten aus.

Aufgabe. Ein Volumen Gas betrage bei 0 Grad Temperatur und einem Barometer-Stand 28" genau einen Cubikfuß, welches wird bei unverändertem Drucke dessen Volumen bei 10° C seyn.

Auflösung. Es ist = 1 + 0,00375 · 10 das ist = 1,0375 Cubikfuß. Soll aber auch der Druck verschieden z. B. statt 28" nur = 14" seyn, so verhalten sich nach Mariotte's Gesetz die Rauminhalte verkehrt wie die drückenden Kräfte

und diesem gemäß wird das Volumen Gas $= \frac{1.0375.28}{14} = 2,075$ Cubikfuß.
Da wir durch Verminderung des Luftdruckes das Volumen des Gases sich bedeutend vermehrt, so geht auch, wenn dieser ganz hinweggenommen wird, der tropfbar flüssige Aether in die elastisch flüssige Form über, wozu im Gegentheil, wenn derselbe dem ganzen Luftdrucke ausgesetzt ist eine Temperatur von 38 bis 39° Reaumur erfordert würde.

Die Schmelzung

Werden feste Körper durch die Hitze so lange ausgedehnt bis ihre Theile mit keiner merklichen Kraft mehr zusammenhängen, so gehen sie von derselben in die tropfbar flüssige Gestalt über, d. h. sie schmelzen. Die starken zusammenhängenden Metalle glühen daher, eh sie schmelzen.
Das Schmelzen ist eine wahre Auflösung des festen Körpers in den Theilen der Wärme, indem sich dieselben mit den kleinsten Theilchen des Körpers vereinigen. Aber damit diese völlige Vereinigung statt finde, oder die Körper in Fluß kommen, werden nach Verschiedenheit der Körper auch verschiedene Hitzgrade erfordert, und zwar.

1) der Digestionsgrad oder der Grad der Blutwärme, er geht von 40° F bis 96° F.
2) der Destillationsgrad von 96° bis 212° F. bei diesem kocht das Wasser und Siedet.
3) der Sublimationsgrad von 212 bis 600° F, bei diesem verdunsten alle flüssigen Materien, und das Quecksilber kommt ins Kochen.
4) der Schmelz= Glühofen= oder Unterbrenn= Grad von 600 bis 1500° F. bei diesem schmilzt das Eisen, und alle Gefäße kommen zum Weißglühen.

Unter dem 5ten Grad versteht man den heftigsten Grad des Feuers, der durch die größten Brennspiegel und mit Hilfe eines durch Brennstoff verstärkten Feuers bewirkt werden kann.

mehrere Körper die bey einem sehr heftigen Feuersgrade nicht schmelzen wollen, thun dieses sehr leicht wenn sie mit schmelzbaren Zusätzen verbunden werden, so wird z. B. um Platina zu schmelzen derselben Arsenik beygesetzt; um Kieselerde zu schmelzen bedient man sich des Bleykalkes als Zusatz.

Auch gibt es mehrere Körper welche für sich allein sehr schwer schmelzen, mit einander verbunden aber ein Gemisch geben, welches bey einem weit geringeren Hitzgrade flüssig wird, ein Beispiel hievon gibt die Schmelzung der Kalkerde wenn sie mit Kieselerde in Verbindung ist.

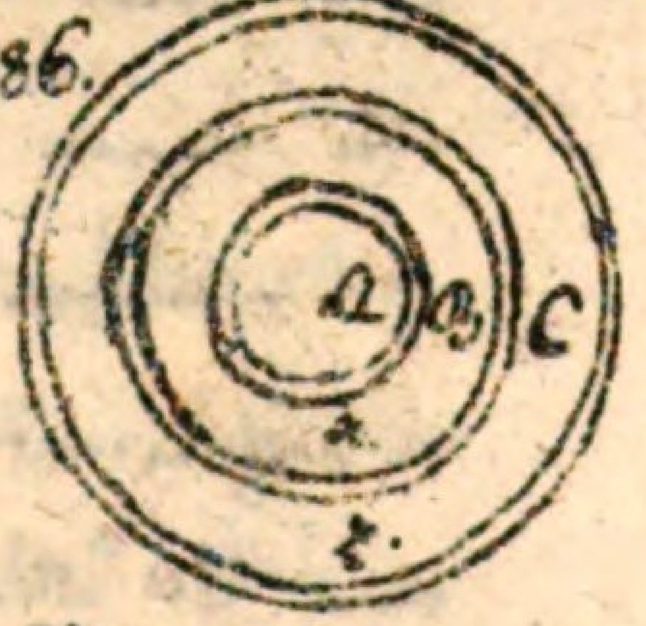
Die gewöhnlichsten Flußmittel als Zusatz sind die Alkalien, Flußspath und Borax.

Die Schmelzgrade bey welchen nachstehende Substanzen in Fluß übergehen sind nach der Scala von Reaumur folgende:

Butter bey 20°	Zinn „ +167°.	Gold „ +853°.
Phosphor „ 32°.	Bley „ 228°	Eisen „ 7527°.
Schwefel „ 92°	Kupfer „ +621°	Platina „ +3896°.

Daraus läßt sich auf die Menge Wärme schließen die absorbirt werden wenn feste Körper in Fluß übergehen.

Lavoisier und Delaplace haben es versucht die Quantitäten Wärmestoff welche die Körper aufnehmen können zu bestimmen, sie legten Fig 86.



den zu prüfenden und in seiner Temperatur erhöhten Körper in ein Gefäß A, welches in einem zweiten B, stand. Der Zwischenraum wurde mit schwer dem gestoßenen Eis ausgefüllt, das zweite Gefäß B war hierwieder von der Wärme der Athmosphäre durch ein drittes C geschützt, der Zwischenraum z wie x ausgefüllt, und das Ganze auch von oben wohl verwahrt.

Der Wärmestoff welcher sich von dem in Untersuchung gesetzten Körper dessen Temperatur bekannt ist entwickelt, bringt auf diese Weise einen Theil Eis des 2ten Gefäßes zum Schmelzen ohne dessen Temperatur zu erhöhen. Ist nun die Vorrichtung getroffen, daß das geschmolzene

Eis in ein unter die Mischung gestelltes Gefäß abläuft, und man weiß die Quantität Wärme, die sich mit demselben verbinden muß, um es zum Schmelzen zu bringen, so erhält man aus der Menge des geschmolzenen Eises, die Menge des aus dem Körper sich entwickelten Wärmestoffes; und diese Menge sey gleich A. Untersucht man auf dieselbe Art wieviel freye Wärme das kochende Wasser unter demselben Raumsinhalt enthält, und nennt diese $= S$ so drückt $\frac{A}{S} = C$ die specifische Wärme oder Capacität für Wärme des untersuchten Körpers aus.

Auch könnte die Capacität der Körper, oder die Eigenschaft mehr oder weniger Wärmestoff aufzunehmen dadurch untersucht werden, daß man diese Körper wenn sie auf 0 Temperatur gebracht sind, in kochendes Wasser thut, und die Grade der Abkühlung beobachtet. Hätte man sodann einen Körper, welcher die Temperatur des kochenden Wassers auf 50° C. vermindert, so würde er für die Wärme die nämliche Capacität als das Wasser haben.

Werden gleiche Gewichtsmengen derselben Substanz von ungleicher Temperatur mit einander in Berührung gesetzt, oder vermischt, so empfängt die eine genau so viel Wärme, als die andere verliert, und die neue für beide hervorgehende Temperatur ist die mittlere arithmetische Proportionale zwischen beiden. Werden z. B. 1 ℔ Wasser von 80° R. und 1 ℔ Wasser von 30° R. mit einander vermischt, so wird die Temperatur der Mischung $\vartheta = \frac{80+30}{2} = 55°$ R. seyn.

Sind die Gewichtsmengen M und m und die Temperaturen T und t derselben Substanz ungleich, so geschieht alles im Verhältniß derselben, mithin wird auch hier die aus der gegenseitigen Einwirkung der gleichartigen mit einander sich mischenden Stoffe hervorgehende Temperatur gleich der mittleren arithmetischen Proportionalen zwischen beiden. Es wird nämlich $\vartheta = \frac{MT + mt}{M + m}$.

Vermischt man 3 ℔ Quecksilber von 40° R. mit 7 ℔ Quecksilber von 20° R. so wird die Temperatur der Mischung $\vartheta = \frac{3.40 + 7.20}{3+7} = 26°$ R.

Dieser Erfolg findet aber nicht statt, wenn verschiedene Körper von verschiedenen Temperaturen mit einander vermischt werden.

Mischt man z.B. gleiche Gewichtsmengen Wasser von 100° C. und Quecksilber von 0° so wird die mittlere Temperatur 97° seyn; mischt man hingegen gleiche Gewichtsmengen Wasser, von 0 grad und Quecksilber von 100° C. so wird die mittlere Temperatur = 3°. Im ersten Falle hat das Wasser 3° verloren während Quecksilber 97° Wärme gewonnen hat, im 2ten Falle hat das Wasser 3° gewonnen, während das Quecksilber 97° verloren hat. Man muß also hieraus schließen, daß die 3° welche das Wasser verloren hat, in dem Quecksilber 97° Temperatur hervorbringen; mithin daß die Menge des Wärmestoffes, welche das Wasser um 1° erhöht, das Quecksilber um $32\frac{1}{3}°$ erwärmen. Es verhalten sich daher die Mengen von Wärmestoff unter gleicher Temperatur und Massen, von Wasser und Quecksilber, wie $32\frac{1}{3} : 1$ und eben so ist auch das Verhältniß ihrer Wärme Capacitäten oder ihrer specifischen Wärme. Nämlich ist die specifische Wärme des Quecksilbers $c = \frac{A}{B}$ d.i. $c = \frac{1}{32\frac{1}{3}} = 0,0309\ldots$ d.h. Wenn die Menge Wärme welche das Wasser um 1° Temperatur erhöht = 1 ist, so ist jene welche eine gleiche Gewichtsmenge Quecksilber auf 1° erwärmt = 0,0309... Die specifische Wärme, oder die Capacität für Wärme eines Körpers zeigt nämlich an, wie viel mal mehr Wärme Quantität erfordert werde um einen Körper zu einer gewissen Temperatur zu erhöhen, als daran erforderlich wäre um eine gleiche Gewichtsmenge Wasser, zu eben derselben Temperatur zu erwärmen, wenn diese letztere = 1 genommen wird.

Um aber die erforderliche Menge Wärme für eine mit dem Wasser gleiches Volumen des Körpers, oder die relative Wärme des Körpers zu bestimmen, darf man nur die specifische Wärme mit dem eigenthümlichen Gewichte des Körpers multipliziren so ist z. B. Quecksilber 13,568 mal schwerer als gleichviel Wasser, oder dessen spec. Gewicht ist 13,568. daher wird die relativen Wärme des Quecksilbers $= 0{,}0309.. \times 13{,}568 = 0{,}419$

Es sey 1 die Menge freyer Wärme welche 1 ℔ Wasser um 1° Temperatur erhöhet so wird MT die nöthige Wärme seyn, um M ℔ Wasser auf T° zu erwärmen. – Es sey ferner E die Menge Wärme welche 1 ℔ eines andern Körpers um 1° Temperatur erhöhet so wird für m ℔ und t grade dieses Körpers, Emt die nöthige Wärme seyn, und ist die nach der Mischung beider hervorgehende mittlere Temperatur $= \vartheta$ so ist der Betrag der Wärme vor und nach der Mischung gleich viel daher $MT + Emt = M\vartheta + Em\vartheta$ daraus

$$E = \frac{(T-\vartheta)M}{(\vartheta-t)m}.$$

Mischt man 1 ℔ Wasser = M von $43\frac{1}{3}$° C. = T mit 1 ℔ Quecksilber = m von $6\frac{2}{3}$° C = t so wird die mittlere Temperatur $41\frac{2}{3}$ C = ϑ. daher wird die Menge freyer Wärme welche 1 ℔ Quecksilber auf einen Grad Temperatur erhöhet oder die spec. Wärme des Quecksilbers

$$E = \frac{\left(43\frac{1}{3} - 41\frac{2}{3}\right)1}{\left(41\frac{2}{3} - 6\frac{2}{3}\right)1} = \frac{1\frac{2}{3}}{35} = \frac{1}{21} = 0{,}047.$$

Welcher Versuch die specifische Wärme des Quecksilbers etwas verschieden von der vorhergehenden gibt wo sie gleich 0,0309.. gefunden wurde. Mehrere Versuche die hierüber angestellt wurden und aus allen das Mittel genommen geben die spec. Wärme des Quecksilbers = 0,033. Quecksilber nämlich fordert nur ein 0,033

erzeugenden Wärme welche das Wasser auf einen gewissen Grad erhitzt. oder 33 ℔ Wasser und 1000 ℔ Quecksilber würden unter gleicher Temperatur gleich viel Wärmestoff erhalten, das spec. Gewicht des Quecksilbers = 13,568 gesetzt gibt $\frac{1000}{13,568}$ = 73 ungefähr, also die relative Wärme des Quecksilbers = $\frac{33}{73}$. welches heißt 33 Maß Wasser erfordern ebensoviel Wärmestoff als 73 Maß Quecksilber um gleiche Tempera=tur zu zeigen.

Schmilzt man in Lavoisier's und De la place Calorimeter (fig 88) auf 78° erhitztes Eisen 7,7 Pfund Eis 1,1 ℔ geschmolzen so würde da 60° erfordert werden um 1 ℔ Eis zu schmelzen $\varepsilon = \frac{m\,t}{T.M}$ die specifische Wärme des Eisens

$$\varepsilon = \frac{60 \cdot 1,1}{78 \cdot 7,7} = 0,1$$

Durch ähnliche Versuche ist die specifische Wärme der nachfolgenden Körper also bestimmt worden wenn das Wasser = 1 angenommen.

Gold, 0,05.	Arsenik sublimirter 0,084.	Schwefels. conc. weiß 0,429	Stickstoffgas 0,793.
Silber 0,082.	Quecksilber 0,033.	Salpeters. rauchend 0,576.	Kohlens. Gas 1,045
Kupfer 0,111	Graphit 0,183.	" " blass 0,844.	atmosph. Luft 1,79
Messing 0,114	Alk. Schwefels. 0,264.	Salzsäure rauchend 0,68.	Sauerstoffgas 4,749
Eisen 0,126	" " Kohlens. 0,207.	destillirter Essig 0,103.	Wasserstoffgas = 21,4.
Eisendraht 0,114.	Bittererde 0,379.	Terpentinöl. 0,472.	
Eisenoxid 0,166	Thonerde rein 0,241	Olivenöl 0,71	
Zinn 0,07.	Thonerde gebrannt 0,185.	Wachs weißes 0,528.	
Zinnoxid 0,096.	Glas schwedisches 0,187.	Wallrat 0,9	
Bley. 0,039	Flintglas 0,174.	Kochsalz 0,226.	
Bleyoxid 0,068	Schwefel 0,183.	Blut arterielles 1,03.	
Bleyglätte 0,029	Schwefel Kali 0,992.	Blut venöses. 0,8928.	
Wismuth 0,043	Weingeist rektifiz. 0,6.	Salmiak mit 1,5 Wasser 0,798.	
Spießglanz m. 0,065.	Schwefelsäure 0,34.	Schwefels. Natrum mit 2,9 Wasser 0,728.	
		brauner Zucker 0,1	

Die Leitung der Wärme.

Die Wärmeleitungsfähigkeit ist das Vermögen der Körper, zu einer höhern Temperatur aufgeregt werden zu können, und diese Erregung durch sich zu verbreiten.

Nicht alle Körper haben das Vermögen die mitgetheilte Wärme gleich schnell aufzunehmen und eben so schnell zu verbreiten, und an andere abzugeben.

Wolle, Leinwand, Kohle und Holz brauchen ziemlich lange bis sie erwärmt werden, während andere Körper bei der nämlichen Wärme, als Metalle, Steine sehr schnell in eine höhere Temperatur übergehen.

Ein Hauptgrund warum Metalle, Steine u. s. w. eher als Holzarten u. thierische Substanzen erwärmt werden, mag wohl in der größern Dichtigkeit derselben liegen, indem die Elemente in einem solchen Körper näher an einander gerückt sind als in einem lockern.

Die Aufnahme von mehreren Elementen, die an der Oberfläche sitzen und die Mittheilung derselben von Element zu Element, wird dadurch in den dichten Körpern befördert, während dieselbe in den lockern aber darum mehr erschwert wird. daher auch diese letztern schlechte, die erstern aber gute Leiter der Wärme genannt werden.

Gute Wärmeleiter sind alle mehr oder weniger festen Körper, als Silber, Kupfer, Zinn, Eisen, Blei, Wismuth, Spießglanz &c.

Schlechte Wärmeleiter hingegen sind alle vegetabilischen und animalischen Substanzen, dergleichen Kohle, Holz, Leinwand, Wolle, Seide, Haare, Asche, Harz.

Die Flüssigkeiten sind sehr schlechte Wärmeleiter; verbrennt man Aether auf Wasser so wird das unter demselben getauchte Thermometer gar nicht zum Steigen gebracht, dennoch leiten die Gasarten den Wärmestoff besser als vegetabilische und thierische Substanzen.

Ein Zeichen einer guten Wärmeleitungsfähigkeit ist das kalt

Anfühlen der Haut, so fühlt sich z. B. ein warmes Eisen als kalt an, indem dieses als guter Wärmeleiter die Wärme an sich zieht, wo sie dieselbe findet; doch kühlen sich gute Wärmeleiter auch sehr schnell wieder ab.—
Schlechte Wärmeleiter sind auch die Federn vorzüglich wenn sie mit Luft vermischt werden.
Die Körper können durch schlechte Wärmeleiter, da diese das Entweichen des Wärmestoffs verhindern vor der Kälte geschützt werden.

Der frey strahlende Wärmestoff bewegt sich wie das Licht in gerader Linie von der erwärmenden Quelle aus, wie die Halbmesser einer Kugel aus dem Mittelpunkte derselben nach allen Seiten hin; daher muß auch seine Intensität oder Wirkung in dem Quadratverhältnisse der Entfernung von der erwärmenden Quelle abnehmen. Die Quantität des in derselben Zeit ausgestrahlten Wärmestoffs richtet sich dabei, bei gleicher Intensität der Wärmequelle, und bei gleich und gleichartigen Körpern nur nach der Politur der Flächen, indem unpolirte rauhe, und schwarze Körper, wenn sie erhitzt, verhältnißmäßig die Wärme viel geschwinder abgeben, als glänzende und polirte Körper unter denselben Umständen.
Wenn der strahlende Wärmestoff auf eine polirte Fläche fällt, so wird er unter demselben Winkel zurückgeworfen unter dem er auffällt, ohne den Spiegel zu erwärmen, von schwarzen Flächen aber wird derselbe absorbirt.
Stellt man einen warmen dunklen Körper vor einem metallenen Hohlspiegel, so findet man daß er durch Zurückwerfung einen Brennpunkt der Wärme bildet, dieser Brennpunkt fällt genau in denselben Punkt, als wenn er von

einem leuchtenden Körper erzeugt worden wäre. – dieses lehret uns daß die ausfließende Wärmethätigkeit wie das Licht zurückgeworfen werde.

die beste Art um die Wirkungen der Zurückwerfung des Wärmestoffes bemerkbar zu machen, ist die, daß man zwei metallene Hohlspiegel auf derselben Axe in einer gewissen Entfernung einander gegenüber stellet, und in den Brennpunkt C des einen Spiegels einen heißen nicht brennenden Körper M setzet. – Die Wärme-erregenden Strahlen, werden wie die Lichtstrahlen parallel mit der Axe zurückgeworfen, pflanzen sich auf diese Art bis zu dem Spiegel B fort, und werden von diesem aufs Neue in seinem Brennpunkte F concentriert, und bringen das in diesen Punkt gestellte empfindliche Thermometer zum Steigen

Stellt man statt warmen Wassers Eis in den Brennpunkt so wird das Thermometer im Brennpunkte des andern fallen, denn in diesem Falle tritt das Thermometer als wärmerer Körper auf, und verliert mehr Wärmestoff als es empfängt folglich fällt dasselbe.

Die Fortpflanzung des Wärmestoffes ist ungemein schnell, denn wie groß auch die Entfernung seyn mag, so sieht man, wofern man sich eines recht empfindlichen Luftthermometers bedient, die Wirkung plötzlich eintretten, wenn ein zwischen beide Spiegeln gestellter Schirm hinweggenommen wird.

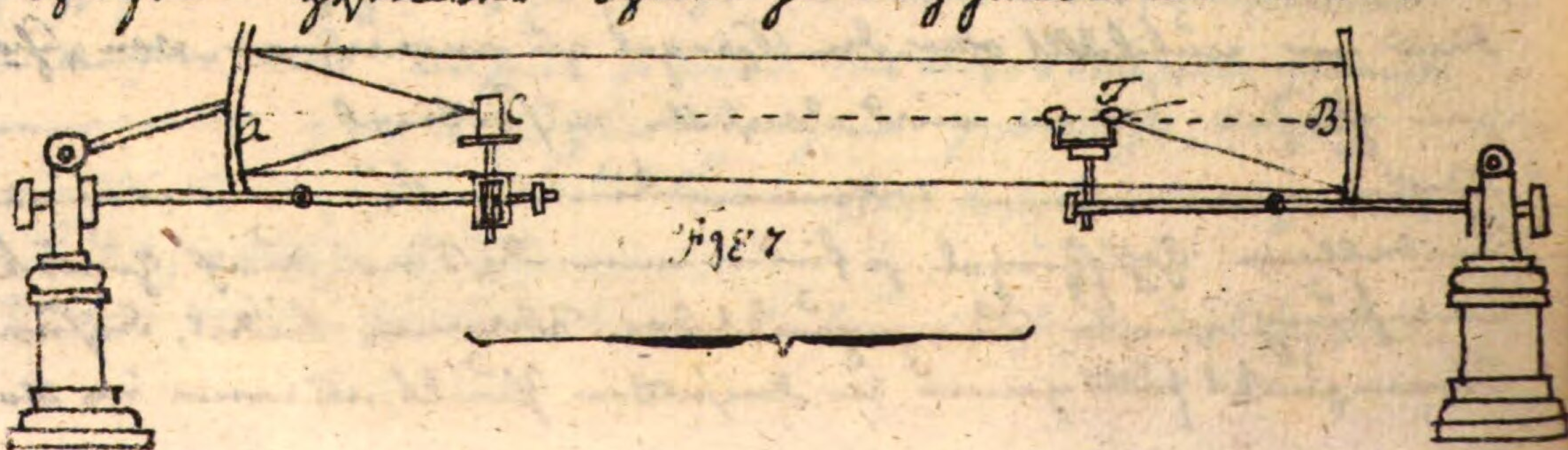


Fig. 7

Der Druck der Atmosphäre

Die dünne durchsichtige Flüssigkeit welche uns von allen Seiten umgiebt, und die wir Luft nennen hat mit allen übrigen Körpern die Eigenschaft der Schwere gemein, von ihrem Gewichte kann man sich sogar durch das Wägen derselben auf einer Wage überzeugen – die Luft leistet auch Widerstand, dieser läßt sich wahrnehmen wenn sie in einem eingeschlossenen Raume z.B. in einer Blase zusammengedrückt wird – sie ist zugleich so körperlich daß ihr mechanischer Stoß eine große Menge von Maschinen in Bewegung setzet, sie treibt die Flügel der Windmühlen, und bläset die Segel der Schiffe.

Hieraus folget daß die Oberflächen des Wassers, des Quecksilbers oder anderer Flüssigkeiten wenn sie frey der Luft ausgesetzt, von dem Gewichte der ganzen ober ihnen liegenden Luftsäule gedrückt werden, es erfolget aber keine Bewegung weil der Druck auf alle Theile der Oberfläche der Flüssigkeit gleich vertheilet ist. – Nimmt man aber an, daß in die Flüssigkeit das untere Ende einer Röhre getaucht, und aus dem Innern der Röhre die Luft hinweg geschafft sey, so wird die Flüssigkeit in derselben zu einer solchen Höhe steigen im Falle die Röhre lang genug ist, bis ihr Gewicht allein dem Gewichte der Atmosphäre das Gleichgewicht hält. Auf diese Weise hat die Erfahrung nachgewiesen, daß der Druck der Atmosphäre gleich ist dem Drucke einer Quecksilbersäule von 28" Höhe, oder gleich jenem einer Wassersäule von 31 $\frac{2}{3}$ Fuß Höhe, übrigens hat auch die Luft mit allen anderen schweren Flüssigkeiten die Eigenschaft gemein, daß ihr Druck sich nicht bloß von oben nach unten, sondern nach allen Seiten hin im Verhältniß ihrer Höhe sich äußert.

Soll der Druck der Atmosphäre auf eine Fläche von B Quadratfuß oder B Quadrat=zollen berechnet werden, so darf man nur diese Fläche mit der Höhe der dem Luftdrucke gleichgeltenden Wasser oder Quecksilbersäule multipliziren, und dieses Produkt noch so viel mal nehmen als das specifische Gewicht der einen oder andern Flüssigkeit angibt. Die Formel dafür ist demnach $p = B.H.g.$ Der Druck der Luft auf einen Quadratfuß Fläche wird demnach.

$p = 1 \cdot 31\frac{2}{3} \cdot 44{,}4 = 1406$ lb. Rechnet man die ganze Oberfläche eines Menschen

der mittleren Größe nur 15 Quadratfuß, so übersteigt der Druck der Luft auf denselben 21000 lb.

Vielleicht findet man dieses Resultat unglaublich und ist der Meinung daß ein so beträchtlicher Druck unsere Bewegung Zwang erschweren, ja sie wohl ganz verhindern müßte; aber alle Verwunderung verschwindet, wenn man erwägt daß bei dem Menschen die inneren Theile des Körpers, die Knochen selbst, entweder mit Flüssigkeiten angefüllet sind, die sich nicht zusammendrücken lassen, oder mit Luft die mit demselben Grade der Spannkraft begabt ist, wie die äußere uns umgebende, die dieser demnach das Gleichgewicht hält, und der Zwang in sich hebt, warum wir nicht leiden. Was die Leichtigkeit der Bewegung betrifft so rühret diese daher her, daß der Körper auf gleiche Art von oben und unten, auf der rechten und linken Seite gedrückt wird; so daß der Druck sich wechselseitig aufhebt. — Wir könnten nur dann von dem Drucke der äußeren Luft erdrückt werden, wenn man die im Innern befindliche Luft welche ihr das Gleichgewicht hält hinwegschaffte.

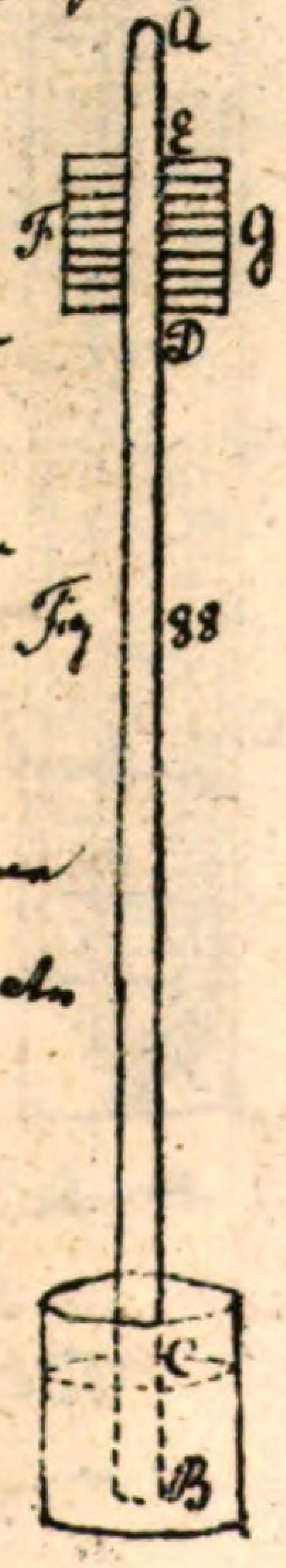
Auf der anderen Seite würden wir sehr viel leiden wenn auf einmal dieser Druck dadurch hinwegfiele daß wir in einen luftleeren Raum versetzt würden. In diesem Falle würde die innere Luft nichts haben was ihr widerstünde, sie würde sich ausdehnen, unseren Körper aufblähen, und der Tod würde die unvermeidliche Folge seyn.

Eine der einfachsten Anwendungen des Druckes der Luft ist die toricellische Röhre, welche den Namen Barometer, oder Schweremesser erhalten hat, weil sie wirklich den Druck der Atmosphäre wo sie aufgestellet ist mißt.

Der Gebrauch dieses Werkzeuges ist bei einer großen Anzahl von Versuchen unumgänglich nothwendig, denn der Druck der Atmosphäre ist eine zusammendrückende Kraft, welche sich stets uns mit den Kräften die uns zu Gebothe stehen verbindet, und daher berücksichtiget werden muß.

Die erste Bedingung um ein vollkommen genaues Barometer zu erhalten ist daß alle Luft aus der Röhre in welcher sich das Quecksilber erhalten soll entfernet werde, daher muß man vorerst alle Luft welche

zwischen den Theilen des Quecksilbers enthalten seyn kann, fortzutreiben, indem man das Quecksilber bis zum Sieden erhitzet, und dann wohl verschlossen zum Gebrauche aufbewahret.
Die 2te Bedingung ist, daß die Theilchen der Luft, und des Wassers, nämlich die dünne Schichte Luft und Wasser, die an den innern Seitenwänden der Glasröhren haftet, durch Erhitzung der Röhren fortgetrieben werde, welches Geschäft erst dann wenn die Röhre mit Quecksilber gefüllet ist vorgenommen werden darf; weil sonst beim Einfüllen des letzteren, wieder Luft und Feuchtigkeit eindringen, und sich an die Seitenwände der Röhren anhängen würden. Dabei ist aber das Quecksilber nur nach und nach in die Röhre zu schütten, und jedesmal bis zum Sieden zu erhitzen. Man wiederholet diese Behandlungsart so lange bis die Röhre beinahe voll ist, zuletzt schüttet man die noch fehlende kleine Menge Quecksilber zu, läßt sie aber nicht mehr in der Röhre kochen, weil sonst das Kochen es herausstreiben würde, jetzt verschließt man die Oeffnung mit dem Finger, gibt aber wohl Acht daß keine Luft dazwischen bleibe, kehret die Röhre um und taucht sie in den für sie bestimmten Behälter.



Füllet man so eine gläserne Röhre AB, die ungefähr 3 Fuß lang und 1½ bis 2 Linien dick ist, mit Quecksilber; so läuft, wenn man die Röhre umwendet, und mit dem offenen Ende in ein Gefäß mit Quecksilber stellet nur ein geringer Theil davon heraus, der größere übrige Theil bleibt in der Höhe von Fig 88
28 bis 29 Zoll mit der Luft im Gleichgewichte. Eine solche Vorrichtung gibt wenn die Röhre noch senkrecht an einem Rahmen befestiget, und mit einer Skala versehen ist, das älteste Barometer von seinem Erfinder das toricellische Baroscopium genannt.
Sowohl die Röhre als auch das Gefäß ist an einem Brette befestiget, welches unten eine Oeffnung hat, in welcher der untere Theil des Gefäßes gehet, der Theil CD von der Oberfläche des Quecksilbers bis zu dem Anfange der Scala mißt 26" DE 2 Zolle.

Wird dieses Instrument in verticaler Lage irgendwo aufgehängt, so steht das Quecksilber in der Röhre meistens bis FG wo der 28ste Zoll aufhört, jedoch bald höher bald niedriger – die Erfahrung lehrt daß es nicht die Gränze DE der 4 eingetheilten Zolle zu überschreiten pflegt.

Nach der torricellischen Erfindung veränderte man das Baroscopium dahin, daß man das Gefäß wegließ und nur die Röhre unten umbog. Diese war bei A verschlossen und luftleer, bei B aber offen, so daß die atmosphärische Luft durch B auf die Oberfläche C des Quecksilbers drückte und die Quecksilber Säule FD von 28 Zollen bald mehr, bald weniger im Gleichgewichte hielt.

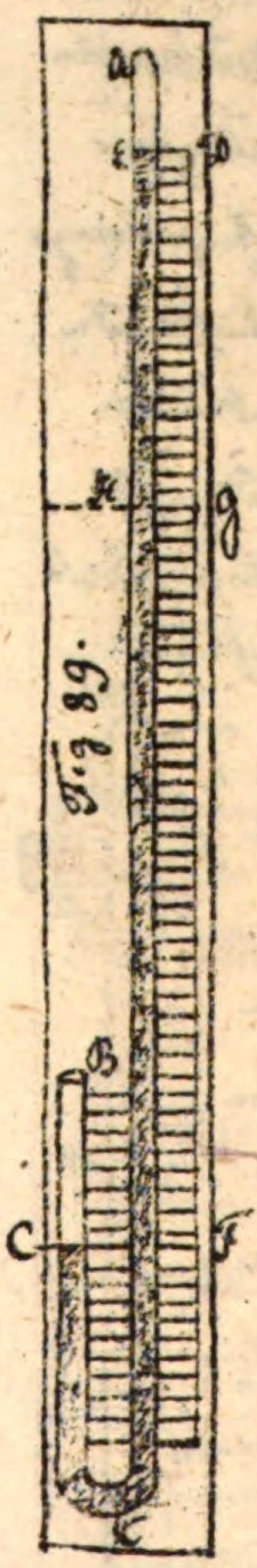


Fig. 89.

Deluc nahm zwischen beiden Enden der Röhre in KG einen willkürlichen Nullpunkt an, und bemerkte von KG aus die Eintheilung in Zollen und Linien sowohl auf, als abwärts, nach der Ordnung der natürlichen Zahlzeichen. Um nun den Barometer Stand anzugeben, wenn z. B. das Quecksilber in C und D sich endigte, mußte man DG und GF addiren.

Dieses Barometer hat vor dem Baroscopium darin den Vorzug daß dabei das Steigen und Fallen bei C nicht in Anschlag genommen wird, welches bei der vorigen Art mit einem Gefäße nicht statt findet.

Bei Verfertigung dieses Barometers füllet man zuerst den größern Schenkel der anfänglich gerade ist mit Quecksilber, kocht dieses um die Luft auszutreiben wie gewöhnlich, biegt dann an der Länge der Schenkel AK und läßt dem CK seine lothrechte Richtung – Da die Quecksilbersäule welche diesen Schenkel füllet länger ist als die gewöhnliche Säule im Barometer, folglich schwerer als die Atmosphäre, so fällt sie durch den Ueberschuß ihres Gewichtes, und tritt zum Theil in den kürzern Schenkel BK. Ist nun der Punkt C der höchste Punkt der Oberfläche des Quecksilbers im kürzeren Schenkel, so wird der Höhenunterschied der beiden Punkte C und D genau die Länge der Quecksilbersäule seyn, welche dem Druck der Atmosphäre auf die Oberfläche in C das Gleichgewicht hält, denn in diesem Falle ist das Bestreben der Säule herabzusinken zu beiden Seiten gleich, wenn nur die beiden Schenkel gegen die beiden Endpunkte C und D in ihrem Innern gleich weit sind.

Man hat auch Barometer die auf eben diese Art eingerichtet sind, worin aber die Scala beweglich ist, und sich mittelst einer Schraube auf und niederschieben läßt. Man muß diesem gemäß die Eintheilung so schieben daß ihr unterster Punkt oder Nullpunkt der Quecksilberfläche in dem kürzeren Theil der Röhre gegenüber stehe, so zeigt die Zahl neben der oberen Quecksilberfläche die wahre Höhe der von der Luft im Gleichgewicht gehaltenen Säule an. — Die Beobachtung wird noch genauer, wenn man am Läufer ein kleines Vergrößerungsglas mit einem vorgespannten sehr feinen Haare anbringt. dann kann man mit der größten Genauigkeit den Punkt bemerken in welchem das Haar an beiden Enden der Säule die Oberfläche des Quecksilbers berühret.

Es ist aber auch zu bemerken, daß die Länge der beobachteten Quecksilber Säule in demselben Augenblicke, an demselben Orte, mit Barometern die auf ähnliche Art mit Luft gereinigt, und auf vollkommen gleiche Art verfertigt wurden nicht genau dieselbe ist, sie ist um so kleiner je enger die Röhren sind, weil in engen Röhren, welche sich der Feinheit der Haarröhrchen nähern, das Wasser sich über sein Niveau erhebt, das Quecksilber aber unter demselben zurückbleibt; welche Wirkung jedoch bei den letzt angeführten gebogenen oder Heber barometer vermindert wird, indem alsdann die Ursache welche sie erzeugt, sich selbst entgegen wirket: und unten das Quecksilber um eben so viel tiefer als unter D stehen wird.

Gay Lusac hat am Heber Barometer eine Vorrichtung angebracht, wodurch dasselbe tragbar und für Reisende ungemein bequem wird. Das obere Ende C wird nämlich zugeschmolzen und statt dessen in G eine äußerst feine haarförmige Öffnung eingelassen, diese Öffnung gestattet zwar der Luft in den Schenkel DC zu dringen, erlaubt aber dem Queksilber nicht herauszutretten, wegen der Kraft mit welcher es dasselbe vermöge seiner haarförmigen Gestalt zurückstößt.

Um das Werkzeug von einem Orte zu dem andern ohne Nachtheil zu transportiren, umgibt man die Röhre mit einer festen Hülle, und kittet sie in dieser fest – Man kann sogar und dieses ist ein großer Vortheil den längeren Schenkel ganz umwickeln und sich darauf beschränken, die Veränderungen des Barometers in dem kürzeren zu beobachten. – Hiezu wird nichts weiter erfordert, als daß die Durchmesser der beiden Schenkel in den Theilen A und D welche die äußersten Punkte der Säulen durchlaufen können, genau gleich sind. – Tritt dann eine Veränderung im Drucke der Atmosphäre ein, so wird das Quecksilber in einem der Schenkel um eben soviel sinken als es im anderen steigt – Will man nun die ganze Veränderung in der Länge der Quecksilber-Säule erfahren so darf man nur die Veränderung in einem der Schenkel messen, und hievon das doppelte nehmen.

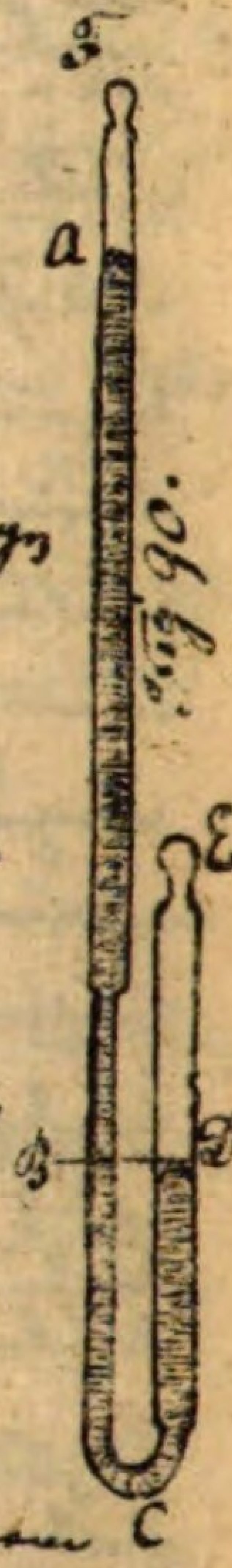


Fig. 90.

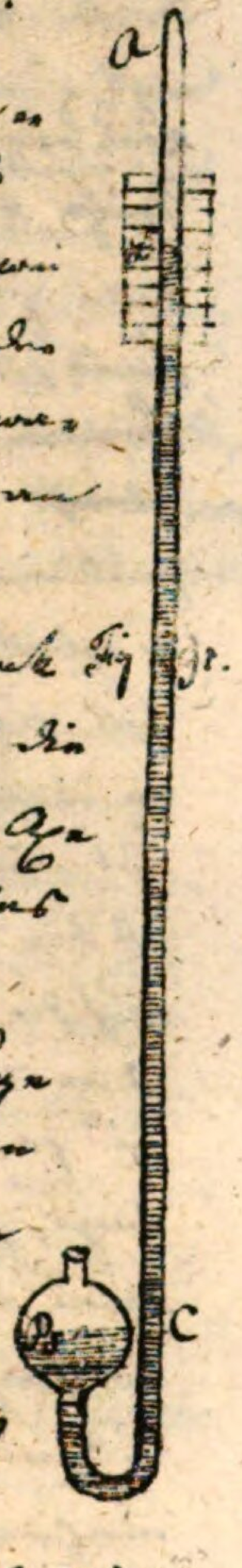
Um die Gleichheit der Durchmesser zu erhalten, schneidet man eine cylindrische Glasröhre ungefähr in der Mitte ihrer Länge in zwey gleiche Theile, und bedient sich derselben, um aus ihnen die beiden äußersten Theile der Röhre zu machen, indem man sie mit einer andern Glasröhre von irgend einem Durchmesser durch Zusammenschmelzen vereinigt.

Dieses von Gay Lussac angegebene tragbare Barometer kann in einem Stock eingeschlossen, und so mit der größten Leichtigkeit aller Orten hin mitgenommen werden. Man bringt an demselben wie bei den übrigen ein kleines Thermometer an, welches in die Fassung selbst eingefügt ist, und zur Messung der Temperatur dient.

Eine andere Einrichtung des Barometers wird durch Fig. 91 dargestellt. Die Zolle und Linien der Eintheilung werden ebenfalls von der Stelle BC angerechnet wo das Quecksilber in dem Momente der Verfertigung der Eintheilung steht. Bei diesem Barometer

welche fast allgemein im Gange sind, ist der Durchmesser der Kugel b über 12 mal größer als jener der Röhre, denn nur in diesem Falle kann man das Niveau in beiden als unveränderlich ansehen.

Hook erfand noch ein anderes Barometer mit einer Rolle; er gebrauchte dazu eine gebogene Röhre, oben dem kürzeren Ende brachte er eine kleine Rolle an, worüber ein Faden mit zwei kleinen Gewichtchen hing. Das eine Gewicht ruhte leicht auf der Oberfläche des Quecksilbers, das andere hing außerhalb, und war etwas leichter. – An der Rolle war ein Zeiger, dessen Spitze an einem in Grade abgetheilten Kreise herumgehen konnte. Wenn also das Quecksilber sammt dem Gewichtchen ein wenig sank Fig. 8.
oder stieg, so mußte sich der Zeiger merklich drehen. – Doch die Reibung des Gewichtchens in der Röhre, die der Rolle an ihrer Axe und die obgleich geringe Schwere des Zeigers machen dieses Instrument unsicher.



Es ist zu vermeiden, daß kein Barometer in lothrechter Lage getragen wird, weil dadurch gar zu starke Schwingungen entstehen, die äußere Luft sich mit dem Quecksilber vermischen und das Glas brechen würden, wenn bei diesen Schwingungen das Quecksilber zu stark anstoßt; man neigt also das Instrument ganz sanft, so daß es beinahe waagrecht ist, und das Quecksilber den leeren Raum ausfüllt.

Beobachtet man längere Zeit an einem und demselben Orte die Änderungen der Quecksilbersäule im Barometer so wird man sich bald überzeugen daß sie Veränderungen unterworfen ist, die auf irgend eine Art an den Zustand der Atmosphäre gebunden sind. Diese Veränderungen sind auf hohen Gebirgen, und zwischen den Wendekreisen fast null, und bei ruhiger Witterung selbst in den gemäßigten Zonen nicht sehr bedeutend. – Gewöhnlich sinkt aber das Barometer bedeutend vor Stürmen, und es finden

wenn sie eintretten, große Schwankungen der Quecksilbersäule statt, wodurch dieses Werkzeug dem erfahrenen Schiffer zur See von großem Nutzen wird.

Das bequemste Mittel, um sich eine vergleichende Uebersicht einer langen Reihe barometrischer Beobachtungen zu verschaffen ist: sie zu zeichnen. Man ziehet dem zufolge auf einem Bogen Papier eine lange gerade Linie, und diese dienet dazu an dem Orte der Beobachtung die mittlere Barometer Höhe zu bezeichnen – man theile sie in eine gewisse Anzahl gleicher Theile, welche die Tage vorstellen. Hierauf ziehe man gleichlaufend mit dieser Linie sowohl unter als über derselben mehrere andere in gleichen Entfernungen, wie etwa in der Entfernung von $\frac{1}{3}$ Linie. Sind diese Vorrichtungen gemacht, und man beobachtet das Barometer an einem Tage, so bezeichnet man, wofern die Höhe die mittlere ist mit einem Strich den Punkt der Hauptlinie welcher diesen Tag anzeigt. Ist der Barometerstand um $\frac{1}{3}$ Linie höher, so trägt man die Beobachtung auf die erste der gleichlaufenden Linien oberhalb der mittleren auf; ist er niedriger unterhalb derselben auf die ihr entsprechende Linie, und so bezeichnet man nach und nach die Beobachtungen aller Tage, jeden an der ihr gebührenden Stelle und Höhe. Man kann auch, welches genauer ist, die Beobachtungen mehrere mal des Tages wiederholen, und jede an dem gehörigen Orte eintragen, indem man den Zwischenraum welcher jedem Tage angehört in mehrere gleiche Theile theilet. — Wird nun durch alle diese Punkte eine sie verbindende Linie gezogen, so wird diese durch ihre Biegungen treu den Stand des Barometers in den verschiedenen Zeiträumen, in welchen beobachtet wurde, darstellen.

Bei der Vergleichung einer solchen Zeichnung mit der Witterung sieht man daß in den meisten Fällen es regnete, wenn das Barometer fiel, und wenn es stieg das Wetter sich aufhellte. Zuweilen trifft man Ausnahmen von dieser Regel an, sie sind jedoch ungleich weniger zahlreich als die Fälle, in denen sie sich bestätiget.

Vergleicht man mit diese Art die Höhen der Barometerstände, die selbst in den entferntesten Orten von einander beobachtet würden, so bemerkt man in den Änderungen der Quecksilbersäule eine merkwürdige Übereinstimmung, welche in der Bewegung der Schichten des Luftkreises eine Art von Gleichzeitigkeit voraussetzt, die man kaum würde vermuthet haben.
Bei der Vergleichung einer langen Folge von Beobachtungen an einem und demselben Orte bemerkt man, daß der Barometer zu gewissen Stunden des Tages steige, zu andern falle, und daß hierin eine regelmäßige Periode statt finde, welche aber nur deutlich unter oder nahe am Equator auffallen kann. Herr Lamanon hat diese Fluth und Ebbe der Atmosphäre unter 8° 13' nördlicher Breite, und Humboldt sie unter 12° 3' südlicher Breite beobachtet, und selbst in unseren Gegenden zu Regensburg entging sie Mitte Jahres 1811 dem aufmerksameren Beobachter hierauch nicht. Aus allem geht das Allgemeine hervor, daß der Luftdruck jeden Tag abwechselnd zweymal steige, und falle. Eine lange Reihe von Versuchen belehrte Herrn Ramond daß in Frankreich das Barometer das maximum der Höhe gegen 9 Uhr Morgens erreicht, von da fällt es bis gegen 4 Uhr Nachmittags, wo es sein minimum erreicht, von hier fängt es wieder an zu steigen bis 11 Uhr des Abends wo es wieder sein maximum erreicht, und hier fällt es bis 4 Uhr des Morgens, von wo es wieder steigt bis zu seinem maximum bis 9 Uhr. Außerordentlich merkwürdig ist hiebei daß keine Veränderung des Luftkreises, nicht Regen, nicht schönes Wetter, nicht Wind, nicht Stürme, die vollkommene Regelmäßigkeit dieser Schwankungen verändern sollen, so daß sie zu jeder Zeit und zu allen Jahreszeiten dieselbe bleibt. Doch wird dieser Gang unter unserem europäischen Himmelstriche zuweilen in Unordnung gebracht, allein zwischen den Wendekreisen, wo die auf den Luftkreis wirkenden Ursachen ungleich beständiger sind, hat es nach Herrn von Humboldt seine Richtigkeit, und zwar in dem Maße daß man aus der bloßen beobachteten Barometerhöhe im Stande ist, zu jeder Zeit bei Tag oder Nacht mit Sicherheit die Stunde anzugeben.

Auch nimmt der Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Druck-
gegen den Equator hin immer ab; in Petersburg beträgt derselbe
in einem Jahre 36, in Prag, Wien, München Paris 20 bis 24 Linien,
weniger in Italien und unter dem Aequator nicht über 4 Linien.
Die Unterschiede selbst scheinen im Jahre hindurch eine gewisse
Beständigkeit beizubehalten denn immer fällt der größte Unterschied
in die kälteren, der kleinste in die wärmsten Monate; auch scheint
der Gang des Barometers mit dem Gange der Luft-Electricität
parallel zu gehen; „zuweilen steigt das Barometer sagt Schübler
„täglich mit zunehmender electrischer Spannung und zuweilen
„fällt es wieder mit Verminderung derselben."
Die Veränderungen der Barometerhöhen, die von der Verschiedenheit
der Entfernungen von der Erde herrühren sind mit denen
nicht zu verwechseln die in einem und demselben Orte ge-
schehen; diese letztern kommen daher weil die Luft überhaupt
in der Gegend wo man ist, bald dichter bald dünner, bald
elastischer, bald unelastischer wird und deswegen bald mehr
oder weniger drückt. Bei dem wandernden Barometer aber
welchen man bald in niedern, bald in höhern Gegenden braucht,
hängt sein Steigen und Fallen nicht nur von dem Zustande
der Luft ab, in der Gegend wo er sich befindet; sondern zugleich
auch von der größern und kleinern Luftsäule die über
demselben liegt. – Wegen dieser doppelten Wirkung darf
man bei Höhenmessungen durch Barometer nur den gleich-
zeitigen Barometerstand in der Höhe und Tiefe in
Anschlag bringen. Um vollständig die Umstände bestimmen
zu können in welchen sich die Atmosphäre in dem Augenblick
der Beobachtung befindet, muß auch die Temperatur derselben

durch ein sehr empfindliches Thermometer untersucht werden. denn das Steigen oder fallen des Barometers hängt z. Theil auch von der Ausdehnung und Zusammenziehung des Quecksilbers durch Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur ab; daher ist auch jede beobachtete Barometerhöhe nach dem Thermometer Stand zu verbessern.

Hieraus ersieht man daß gleiche Barometerhöhen nicht allemal einen gleichen Druck der Luft anzeigen, sondern daß bei genauer Beobachtung die Wirkung der Wärme und Kälte berücksichtiget werden muß.

Will man nur ungefähr wissen wieviel bei dem Barometer auf Rechnung der Wärme und Kälte zu setzen ist, so beobachte man vor allen Dingen den mittleren und gewöhnlichen Stand des Barometers an dem Orte wo man ist; dieser sey 26,4'' = 316,8 Linien

Nun hat man durch genaue Versuche gefunden, daß eine jede Masse Quecksilber vom Gefrierpunkte an, bis zu dem Punkte des siedenden Wassers sich so ausdehnt, daß das Volumen um $0{,}00615915 \times 3 = 0{,}01847745 = \frac{1}{59}$ Theil zunimt, oder daß die Raumesinhalte in diesen beiden Temperaturen sich verhalten wie 59 : 60.

Nun kann man ohne merklichen Irrthum annehmen, daß diese Ausdehnung durch alle Grade des Thermometers gleichförmig vor sich gehe. Demnach wird sich die Quecksilbersäule vom Gefrier bis zu dem Siedepunkte im vorliegenden Fall um den 59sten Theil von 316,8 Linien das ist um 5,4 Linien ungefähr ausdehnen, und da dieser Zwischenraum 80° des Reaumurischen Thermometers beträgt, so kommen auf jeden Grad $\frac{5{,}4}{80} = \frac{1}{15}$ Linie beinahe. Will man also den Barometer an diesem Orte nur ungefähr auf den Gefrierpunkt zurückführen, so subtrahiere man für jeden Grad über Null $\frac{1}{15}$ Linie von der beobachteten Barometer Höhe, und eben so wohl addire man für jeden Grad unter dem Gefrierpunkte.

Ist bei der Temperatur der Luft = 0 der Barometer Stand = 28"
oder = 336 Linien, so lehrt die Erfahrung daß man sich um
125 Fuß erheben müsse wenn das Quecksilber um eine
Linie fallen soll, so daß unter diesen Umständen ein
Quecksilber Cylinder von einer Linie Höhe, so viel wiegen
würde, als ein Luftcylinder über derselben Grundfläche der 18000
mal höher ist, das ist eine Höhe von 125 Fuß hat. Wenn nun die
Luft durchaus gleich dicht wäre, und dieselben Umstände der Atmos-
phäre in allen Höhen statt finden würden, so würde jeder Linie
die in der Barometersäule von 28 Zollen enthalten ist, eine Höhe
von 125 Fuß der Atmosphäre entsprechen, und die ganze Höhe der-
selben würde 28 . 12 . 125 = 42000 Fuß betragen.

Allein der Irrthum in dieser Berechnung liegt darin, daß eine physische Eigen-
schaft der Luft, nämlich die Fähigkeit sich zusammendrücken zu lassen
nicht berücksichtiget würde – Da nun die Luft schwer ist so sind die
untern Schichten mehr zusammengedrückt als die obern, deren
Gewicht sie tragen müssen – Vermöge ihrer Spannkraft müssen
sie aber diesem Drucke widerstehen, und ein Bestreben äußern
sich auszudehnen, hieraus folgt daß die Dichte der untern Luft-
schichten bedeutend größer seyn müsse, als die der obern; dieses
empfindet man auf hohen Bergen, und wenn man sich in Luft-
ballonen bis auf große Höhen erhebt, wo die Luft so dünn wird,
daß man Mühe hat zu athmen. Soll demnach in diesen Höhen das
Quecksilber im Barometer um eine Linie fallen, so ist hiezu eine
viel größere Höhe als 125 Fuß erforderlich, da ein Luftcylinder aus diesen
obern Schichten offenbar viel weniger Masse hat, als wenn er an der Ober-
fläche des Meeres wäre genommen worden, allwo die mittlere
Barometerhöhe weniger Unterschiede abgerechnet durchgängig dieselbe ist.
Obschon man bemerkt haben will, daß sie in der südlichen Hemisphäre
etwas geringer sey.

Nach angestellter nothwendiger Correktion ergibt sich am Ufer des Meeres bei der Temperatur Null die mittlere Barometer Höhe 337,5 Linien pariser Maß = 31 Zoll 7 Linien bair. Maß. 1 pariser Linie = 1,123 bair. Linie gerechnet. Nach Humboldts Beobachtungen und Berechnungen läuft die Abnahme der Barometerhöhe oder des Luftdruckes von der Meeresfläche an so fort daß er auf bair. Maß reduzirt. bis auf 25921 Fuß Höhe nur mehr 229,58 Linien betrage. Ferner nehmt man den mittleren Barometer Stand bei der Temperatur 10° R.

In Holland	= 337.	Pariser Linien oder	=	378,45 bair. Linien
in Paris	= 332	" "	" =	372,84 " "
" München	= 316	" "	" =	354,87 " "
" Clausthal	= 314	" "	" =	352,62 " "
auf dem Brockenberg	= 292	" "	" =	327,92 " "
" " Wendelstein	= 273	" "	" =	306,58 " "
" " St. Gotthart	= 258	" "	" =	289,73 " "
" " St. Bernhard	249	" "	" =	279,63 " "
" " Chimborasso	170	" "	" =	190,81 " "

Welche Barometer Höhen auf 0° Temperatur abgerechnet etwas kleiner ausfallen werden.

Es sey allgemein die beobachtete Barometerhöhe bei n° Reaumur = B''' die auf 0° Temperatur reduzirte = b''', so wird da die Ausdehnung des Quecksilbers von 0 bis 80° R. $\frac{1}{59}$ des ganzen Volumens beträgt. diese Ausdehnung = $\frac{b}{59}$, also für jeden einzelnen Grad = $\frac{b}{59 \cdot 80}$ und für n° R = $\frac{nb}{59 \cdot 80}$ oder $\frac{nb'''}{4720}$ betragen, und daher wird die Länge der Quecksilbersäule bei n° R. nehmlich $B = b + \frac{nb}{4720}$ seyn, und daraus hat man in beiläufiger Berechnung die auf 0° Temperatur reduzirte Barometerhöhe

$$b = \frac{4720 B}{4720 + n}$$

man bekomt demnach die Höhe der Quecksilbersäule für den Gefrierpunkt, wenn man die wirkliche Höhe B mit 4720 multiplizirt und das Produkt durch die Summe von 4720 + der Anzahl Grade n des Thermometers dividirt. demnach wird für München die auf Null Grad reduzirte mittlere Barometer Höhe

$$b = \frac{4720 \cdot 316}{4720 + 10} = 315,33 \text{ Par. Lin. oder } = 354,11 \text{ bairische}$$

= 29" 6,11''' " "

Wird bei diesen Berechnungen statt 0° wie gewöhnlich eine Normal Temperatur = g angenommen, so muß diese zuerst von der Anzahl der beobachteten Thermometer Grade n abgezogen werden; n° bedeutet sodann auch b die Barometer höhe bei dieser Normal Temperatur wenn B gleich der bei n° R. beobachteten verbleibt. für diesen Fall wird sodann

$$b = B - \frac{(n-g)\,B}{4720}.$$

Es sey die beobachtete Barometer höhe bey 20° R = 320''' und die Normal Temperatur = 10° so wird die Barometer höhe für diese Temperatur

$$b = 320 - \frac{(20-10)\,320}{4720}.$$

$b = 320 - 0,6'''$ ungefähr, also

$b = 319,4$ Linien höhe.

Nach mathematischer Berechnung findet man den beiläufigen Höhen-Unterschied zweyer Stationen wenn man die Differenz der Logarithmen der entsprechenden auf gleiche Temperatur reduzirten Barometerhöhen in Linien ausgedrückt mit 100000 multiplizirt, das Resultat gibt diesen Höhen Unterschied in Pariser Fußmaß; welches wenn mit 1,123 multiplizirt denselben in bair. Fußmaß angibt.

Es sey z. B. der Barometer Stand an der Oberfläche des Meeres, bei 0° R = 337,5 Linien, im Orte B bei eben dieser Temperatur aber sey derselbe = 315,33 Linien; so erhält man um wieviel der Ort B über die Meeres fläche erhoben sey, durch folgende Berechnung.

Log. 337,5 = 2.5282738
log 315,33 = 2.4987683
Differenz 0,0295055

Diese Differenz 0,0295055 mit 100000 multiplizirt gibt 2950,55 Paris. Fuß das ist 2950,55×1,123 = 3313 bair. Fuß. um welche der Ort B höher als die Meeresfläche liegt.

Es ist bereits gezeigt worden, daß das Quecksilber im Thermometer wenn dasselbe in ein mit reinem kochendem Wasser angefülltes Gefäß eingetaucht würde bis zu einer bestimmten Höhe stieg, wiederholt man aber diesen Versuch an verschiedenen Tagen, in welchen das Barometer bedeutende Verschiedenheit im Drucke der Atmosphäre äußert, so findet man daß diese Gränze der Quecksilbersäule im Thermometer nicht durchgängig dieselbe sey, sie ist höher wenn der Druck der Atmosphäre größer, niedriger wenn derselbe schwächer ist. —

Die Erfahrung bestätiget auch daß wenn man hohe Berge ersteigt und Wasser in verschiedenen Höhen bis zum Sieden erhitzet der Grad bei welchem das Sieden eintritt desto kleiner sey je höher die Gegend wo man den Versuch anstellt — Durch mehrere solche Versuche läßt sich auch der Grad des Siedens aus dem Barometerstand, und umgekehrt diesen aus jenem bestimmen. Diese Versuche geben uns folgende Tabelle.

Barometerstand in Lin. (Pariser Linien)	die Siedhitze.	Barometerstand in P. Linien	die Siedhitze.
336	80,78 R.	326	80,13
335	80,72	325	80,07
334	80,65	324	80.
333	80,59	323	79,93
332	80,53	322	79,87
331	80,46	321	79,8
330	80,40	320	79,73
329	80,33	319	79,67
328	80,26	318	79,60
327	80,20	317	79,53
		316	79,46

der Barometerstand	die Siedhitze	der Barometerstand	die Siedhitze
" 315 "	" 79,40° R.	" 309 "	" 78,98° R.
" 314 "	" 79,33	" 308 "	" 78,91
" 313 "	" 79,26	" 307 "	" 78,84
" 312 "	" 79,19	" 306 "	" 78,77
" 311 "	" 79,12	" 305 "	" 78,70
" 310 "	" 79,05	" 304 "	" 78,63
		" 303 "	" 78,60

Auf dem Mont-Blanc sah Saussure das Wasser bei 68,99° sieden unter der Luftpumpe siedet dasselbe schon bei 30°.

Ist der Druck der Atmosphäre nicht mehr von 28 zollen entfernt, so verursacht eine Vermehrung oder Verminderung dieses Druckes um einen Zoll, genau eine Änderung von einem Grade nach der hunderttheiligen Scala des Celsius in der Temperatur des kochenden Wassers. Wäre z. B. der Barometerstand nicht 27 sondern 26 Zolle, so wird der Siedepunkt nicht den hundertsten sondern den 99sten Grad entsprechen. Will man demnach ein Thermometer unter diesen Umständen richtig eintheilen und hätte man auf demselben den Punkt des thauenden Eises, so wie den Siedepunkt bemerkt, so müßte man diesen Zwischenraum in 99 gleiche Theile theilen, um eine richtige Scale, das ist eine solche zu haben, bei welcher wenn der Stand des Barometers 27 zolle ist, das Thermometer in siedendem Wasser 100° zeigt. — Das Gegentheil würde eintretten, wenn der Barometerstand 33 bis 28 zolle wäre; denn würde der Siedepunkt bei 101° statt finden, man müßte demnach den Zwischenraum welcher zwischen diesem Punkte, und dem des thauenden Eises enthalten ist, in 101 gleiche Theile theilen.

Übrigens, obwohl das Wasser bei niedrigerer Temperatur kocht, je höher man sich erhebt, so wird dann, da die Luft desto dünner, also auch dem Feuer weniger Nahrungsmittel das ist Sauerstoff zuführt, u. somit das Feuer zu unterhalten desto schwieriger seyn.

Auf den Druck der Luft gründen sich auch der Heber und Saugwerke.
Der Heber ist nun weiter nichts als eine
Winkel gebogene Röhre ABC, die an beiden
Enden offen ist, und durch welche die Flüssigkeit
aus einem Gefäße heraufgehoben werden kann.

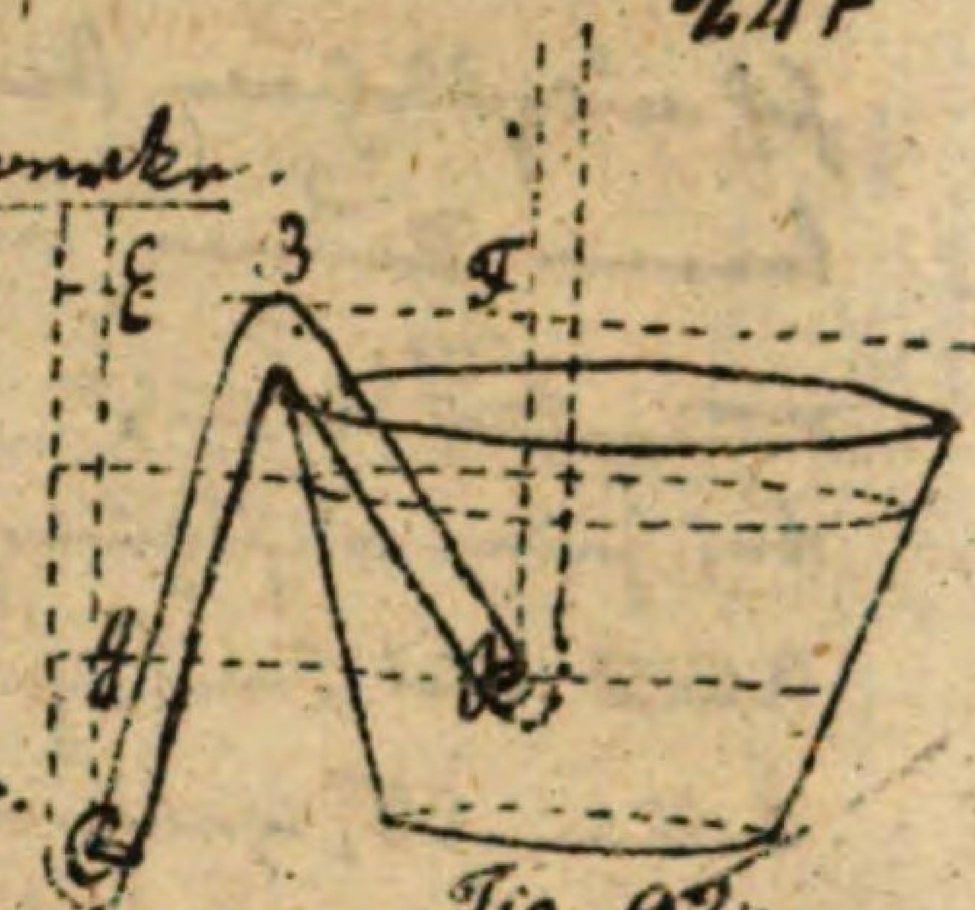
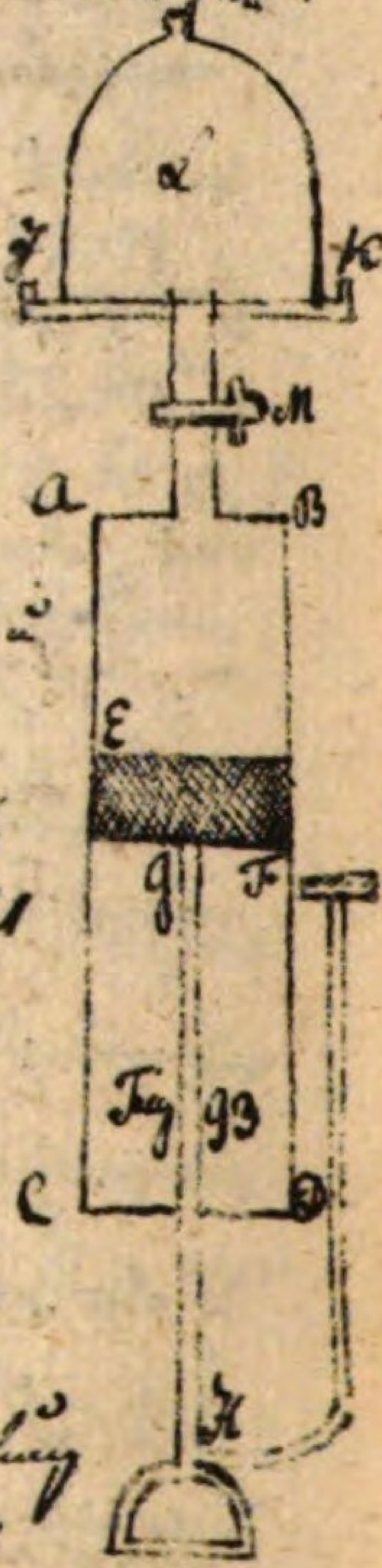


Fig 92.

Soll diese Röhre Dienste thun, so muß der eine Arm AB, welcher in die Flüssige gebraucht wird kürzer als der andere BC seyn, und 2tens muß die Röhre zuerst durch Saugen an C luftleer gemacht werden, dadurch wird das Flüssige durch den Druck auf A in den Heber bis B getrieben, und fällt von da durch BC durch sein Gewicht herab. Ist so die Röhre mit Flüssigem angefüllt, so ist der Druck der Luft auf A = Oeffnung A $(31\frac{2}{3} - AF)$ S.
der Druck auf C aber = Oeffnung C $(31\frac{2}{3} - EC)$ S. } wo A = C ist.
Wäre nun AF größer als EC so würde der Druck auf A kleiner als auf C seyn, u. das durch Saugen nach BC gebrachte Wasser würde wieder durch A zurückfallen; wäre AF = EC so würde auf keiner Seite kein Ausfließen statt finden; ist aber EC größer als AF, so wird das Wasser durch C ausfließen, und zwar so lange als an A noch Wasser seyn wird. Daher muß bei dem Gebrauche eines Hebers, nur den längern Schenkel außer der Flüssigkeit seyn, und die Höhe FA darf im allerhöchsten Falle nur $31\frac{2}{3}$ Fuß betragen.
Als Heberwirkungen erklären sich auch das Versiegen mancher Brunnen und Seen, das Cirknitzer [illegible], wenn das Wasser in denselben eine gewisse Höhe erreicht hat, manche Springquellen, die Zauberbecher, der Tantalische Becher u. s. w.
Um die Luft aus einem von allen Seiten verschlossenen Behältnisse hinwegzuschaffen, dient uns die der Luft innewohnende Kraft, vermöge welcher sie

sich auszudehnen strebt, wenn man ihr eine Verbindung mit einem leeren Raume eröffnet. Eine Vorrichtung zu diesem Endzwecke heißt eine Luftpumpe.



Bey jeder Luftpumpe sind drey wesentliche Theile 1) der Stiefel ABCD mit dem genau an seine Seiten angepaßten Kolben EF, welcher durch die Kolbenstange GH hin und her bewegt werden kann. 2) der Teller JK mit dem Recipienten oder der Glocke L, welche an den Teller genau anschließt, u. 3) der Hahn M, welcher so eingerichtet seyn muß, daß man die Verbindung zwischen der Glocke und dem Stiefel bald herstellen, bald unterbrechen, und im letztern Falle die Communication mit der äußern Luft unterhalten kann.

Wird nun die Communication zwischen Glocke und Stiefel hergestellt, und der Kolben von AB zurückgezogen, so dehnt sich die in L enthaltene Luft in den Cylinder aus, wodurch sie verdünnt wird. Wird nun die Verbindung durch Umdrehung des Hahnes mit L aufgehoben, aber mit der äußern Luft hergestellt, und der Kolben nach AB zurückgebracht, so wird die verdünnte zwischen AB und dem Kolben enthaltene Luft durch den Hahn hinweg getrieben. Stellt man die Verbindung zwischen L und dem Stiefel wieder her, so verdünnt ein 2ter Hub die schon vorher verdünnte Luft. Wiederholt man diese Wirkungen des Kolbens, so wird sich die Luft in L zwar noch ausdehnen, aber immer schwächer, und endlich zwar eine verdünnte Luft aber kein leerer Raum übrig bleiben. – Nun setzt man den Raum L gleich dem Raume im Cylinder, von welchem der Kolben zurückgezogen wird, so würde bei dem ersten Zuge die Luft um $\frac{1}{2}$, im 2ten um $\frac{1}{4}$ im 3ten um $\frac{1}{8}$ u. s. w. verdünnt seyn, und immer noch ein Theil Luft wegen der Verminderung der Expansivkraft übrig bleiben müssen, und auf diesem Wege keine eigentliche Luftleere entstehen können.

Die Blasebälge, Ventilatoren, und Cylindergebläse bewirken ebenfalls durch auseinander ziehen eine Luftverdünnung, welche die äußere

Luft zum Einströmen bringt, welche bei dem Zusammendruck indem sich das 2te Ventil schließt zu der Oeffnung herausgetrieben werden kann.

S. J. F. Baaders Beschr. und Theorie des englischen Cylinder Gebläses München 1805 mit 7 Kupfertafeln.

Zu denjenigen Wirkungen welche von dem Drucke der Luft und Verdünnung derselben abhängen, gehört auch das Steigen des Wassers in der Saugpumpe, bei welcher das Wasser vorzüglich durch den Druck der Athmosphäre zum Steigen gebracht wird.



Die wesentlichen Theile einer Saugpumpe bestehen in dem Stiefel oder Kolbenrohr EGHF, welches diejenige Röhre ist, worin der Kolben AB mittelst der Kolbenstange CD so bewegt wird, daß bei seinem aufwärtsgehen dem über ihm befindlichen Wasser und der Luft aller Durchgang verschlossen bleibt, beim Herunterdrücken aber das unter ihm befindliche Wasser über denselben treten kann; zu dem letztern Zwecke ist der Kolben durchbohrt, und über der Oeffnung mit einer Klappe oder dem Kolbenventil versehen. – Der Untertheil des Stiefels hat eine Oeffnung, welche durch das Stiefelventil n geschlossen werden kann. An dem Stiefel befindet sich die Saugröhre NJKO, die mit ihrem Untertheil JK unter Wasser steht. Bei J wo das Wasser durch die Schlundöffnung eintritt, wird zur Reinigung des Wassers ein Durchschlag oder Seihekasten angebracht.

Die Einrichtung der Ventile ist von der Art daß das Ventil n sich mit Leichtigkeit öffnet um allem was in den Stiefel EGHF treten will den Zugang zu erlauben, dann aber wieder durch ihr eigenes Gewicht zurückfalle, und genau die Oeffnung verschließe, so daß allem was aus dem Stiefel zurück treten will der Ausgang versperrt werde.

das andere Ventil m öffnet sich nach derselben Richtung auf dieselbe Art wie das vorhergehende um allem was sich im Stiefel EGHF unterhalb des Kolbens AB befindet, und welches über diesen zu steigen strebet einen Ausweg zu verschaffen. Dieses Ventil schließt sich wenn der Kolben in die Höhe gezogen wird durch sein eigenes Gewicht ganz von selbst, so daß es allem was sich im Stiefel über dem Kolben AB befindet, und wieder in den Raum unter AB zurücktretten wollte, den Ausweg verschließt.

Man denke sich jetzt daß der Kolben AB bis auf den Boden des Stiefels GH herab gedrückt sey, während der untere Theil der Röhre JK unter Wasser stehet, und sich in der Röhre NGKO noch kein Wasser sondern Luft befindet. Ziehet man nun den Kolben im Stiefel in die Höhe etwa bis AB, so entsteht im Stiefel ein beinahe luftleerer Raum, die in der Saugröhre eingeschlossene Luft preßt alsdann gegen das Stiefel ventil, stößt es auf, und ein Theil der Luft tritt in den Stiefel. Hierdurch wird aber die in der Saugröhre eingeschlossene Luft verdünnt, und kann wegen ihrer geringeren Elastizität gegen das Wasser in der Saugröhre nicht mehr so stark drücken, wie die Athmosphäre das Wasser von außen in die Saugröhre hineindrückt. Sinkt nun der Kolben wieder abwärts so bleibt das Ventil r verschlossen, die Luft im Stiefel wird dadurch zusammengedrückt, und entweicht endlich durch die Klappe oder das Ventil m. Ein neuer Hub verdünnt die Luft neuerdings, daher muß wegen des größeren Druckes der äußeren Luft das Wasser in der Röhre bis Lk steigen, bis durch mehrere Hube das Wasser endlich den Stiefel selbst erreicht, durch die Klappe m dringt, und so zu der Ausgußmündung P gebracht wird.

Da der Druck der Luft nur einer Wassersäule von 31 bis 32 Fuß das Gleichgewicht hält, so kann eine Saugpumpe das Wasser nicht über diese Gränze hinauf erheben, vielmehr lassen Reibung und andere Hindernisse in der Ausübung keine größere Höhe als 20 Fuß zu, und bei Salzwasser läßt sich solche nicht einmal so stark annehmen.

Die Ventile deren man sich hierbei bedienet, sind entweder Klappenventile, die sowohl einfach als gedoppelt seyn können; oder sie bestehen aus Kolben und umgekehrten Kegeln, welche vom Umschlagen durch Querstangen geschützt werden, auch wählet man Kugeln hierzu.

Wird eine Luftmasse von einem größeren Gewichte gedrückt, als der Druck der Atmosphäre für sich allein beträgt, so muß sich dieselbe verhältnismäßig verdichten als es die an der Erdoberfläche sich befindlichen Luftschichten sind, sie muß sich in sich selbst zusammen ziehen und einen kleineren Raum als vorher einnehmen. Nach Mariotte läßt sich das Gesetz dieser Verdichtung und das Verhältniß zwischen dem Volumen einer Masse Luft, und dem Drucke welcher auf sie lastet so bestimmen. —

Man nehme eine gebogene zilindrische Röhre ABC von ungefähr 2 bis 3 Linien im Durchmesser. — Der längere Schenkel AB habe eine Länge von 6 bis 8 Fuß und sey in A offen, der kürzere BC, eine Länge von beiläufig 1⅓ Fuß, und sey oben in C luftdicht verschlossen.

Füllet man nun die untere Krümmung der Röhre dergestalt mit Quecksilber daß es sich genau in einer horizontalen Ebene BEDq befindet, so ist die eingeschlossene Luft in EC mit der atmosphärischen im offenen Schenkel auf Dq drückenden Luft von einerley Dichtigkeit und Elastizität, folglich mit dieser von einerley Kraft zusammengedrückt die der zur Zeit des Versuches als der statt findenden Barometerhöhe = h zukommt.

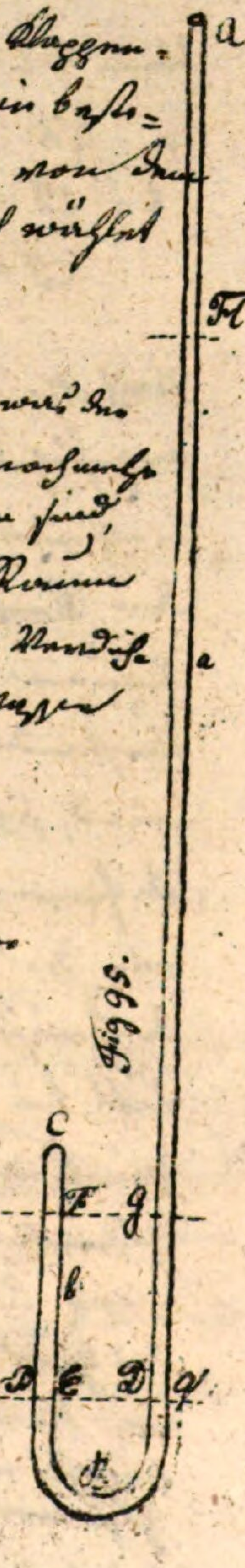


Fig 95.

Schüttet man sodann in A noch mehr Quecksilber zu, so daß das selbe im langen Schenkel die Höhe $HG = a$, und im kürzeren die Höhe $EF = b$ über die schon bemerkte Horizontallinie PG erreicht, so wird die Höhe des Quecksilberdruckes womit die Luft in dem FC zusammengedrückt ist aus $h + GH$ das ist aus $h+a-b$ bestehen, indem schon als eben dieselbe eingeschlossene Luft noch den Raum CE ausfüllte, die Höhe des Quecksilberdruckes $= h$ war.

Wenn $CE = 12''$ und $h = 28''$ war ergab sich für

$a = GH =$	$18''$	$= 34''$	$= 93''$	und daraus $28 : 28+18-4 = 8 : 12$	$28 : 42 = 8 : 12$
$b = EF =$	$4''$	$= 6''$	$= 9''$	" " $28 : 28+34-6 = 6 : 12$	$28 : 56 = 6 : 12$
$CF =$	8	$= 6$	$= 3$	" " $28 : 28+93-9 = 3 : 12$	$28 : 112 = 3 : 12$.

allgemein $h : h+a-b = CF : CE$.

Nach Mariotte hat man diesen Versuch vielfältig wiederholt, und die angeführte Proportion bei einer 8fachen Verdichtung der Luft noch immer zutreffend gefunden. Allgemein, wie weit man auch den Versuch treiben mag, so wird man stets finden daß die Räume in welche eine und dieselbe Luft bei übrigens gleichen Umständen durch verschiedene zusammendrückende Kräfte gebracht wird, sich umgekehrt wie die zusammendrückenden Kräfte verhalten. Da ferner sich die Dichtigkeiten einer und derselben Luft umgekehrt wie die Räume verhalten, in die sie durch verschiedene zusammendrückende Kräfte gebracht worden ist, so verhalten sich die Dichtigkeiten der Luft bei übrigens gleichen Umständen gerade wie die zusammendrückenden Kräfte, da auch diese letztere in demjenigen Zustande betrachtet werden, in welchem sie bei verschiedenen Dichtigkeiten einer und derselben Luft den damit verbundenen Elastizitäten das Gleichgewicht halten, so verhalten sich auch die Elastizitäten gerade wie die Dichtigkeiten, oder wie die zusammendrückenden Kräfte. Wird nämlich eine Luftmenge bei einerley Wärme und Trockenheit durch Zusammenpressung 2, 3, 4 n mal dichter, so wird auch ihre elastische Kraft 2, 3, 4, n mal größer als im vorigen Zustande.

Gehet man demnach von dem anfänglichen Raumumfange der Luft aus wenn sie nur den Druck der Athmosphäre auszuhalten hat, wie ihn für den Augenblick der Beobachtung der Barometerstand angiebt, so läßt sich im Voraus bestimmen auf welche Raumumfange sie durch jeden andern Druck der durch die gesammte Summe der sie zusammendrückenden Quecksilbersäule gemessen wird, werde zurück gebracht werden. – Würde CE dem Raumeinhalte nach in gleiche Theile getheilet, so braucht man nur an dem Apparate eine senkrechte Eintheilung anzubringen vermittelst welcher man im Stande ist den Unterschied der Längen der Quecksilbersäulen zu messen, welche sich über der waagrechten Linie befinden – für welchen Endzweck die Röhre ABC an ein in Linien und Theile von Linien eingetheiltes und mit einem senkrechten Läufer versehenes Brett befestiget werden kann.

Auch bei Verdünnung der Luft, welches auch immer die Temperatur derselben seyn mag, wenn sie nur beständig ist, bestätiget sich das eine Masse athmosphärischer Luft, oder andrer trockenen Gasarten die verschiedenen auf einander folgenden Druck ausgesetzt wird, Raumumfänge annehmen, welche stets mit dem Drucke in einem umgekehrten Verhältnisse stehen.

Um diesen Versuch anzustellen, nehme man eine Barometer Röhre die dem Raumumfange nach in gleiche Theile getheilt ist, fülle einen Theil ihrer Länge mit Quecksilber, das andre einen aber so lasse Luft, als wenn man ein Barometer verfertigen wollte, bringe sie hierauf in eine lothrechte Richtung, und bemerke wie viel Abtheilungen die über dem Quecksilber befindliche Luft einnimmt, beobachte aber zugleich auch den Barometerstand welcher den Druck der Athmosphäre anzeigt. Verschließe hierauf die Röhre mit dem Finger oder einem eingeschliffenen Glase, kehre sie um

und tauche sie mit dem offenen Ende in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß.

Bei dieser Bewegung steigt die Luft in den obern Theil der Röhre AC, und wenn man den Finger hinweg nimt, der sich seinem Them-[?] Luftentgegensetzte, so wird sie sich ausdehnen, und die im Innern befindliche Quecksilbersäule unter die Gränze, auf der sich dieselbe in einer Barometer Röhre erhält deren oberer Theil luftleer wäre, herabdrücken. Endlich wird nach einigen Schwankungen die innere Säule stehen bleiben, und wird auf einem Punkte D auf welchem die Spannkraft der innern Luft samt dem Gewichte der Quecksilbersäule DE die noch in der Röhre vorhanden ist dem Druck der Atmosphäre das Gleichgewicht halten.

Ist nun die Barometerhöhe welche dem Drucke der äußern Luft das Gleichgewicht hält $= h$, und die folglich auch mit der Elastizität der anfänglich in AC eingeschlossenen Luft im Gleichgewichte ist, und man setzt die Höhe einer Quecksilber Säule welche mit der Elastizität der nun verdünnten im Raume AD verbreiteten Luft das Gleichgewicht halten könnte $= a$, so findet man, wenn das mariottische Gesetz auch hier bei der Verdünnung der Luft richtig ist, diese Höhe a durch folgende Proportion $AD : AC = h : a$ daraus $a = \frac{AC.h}{AD}$; $AC = \frac{a.AD}{h}$

Der äußere Druck der Atmosphäre ist hier mit der Quecksilber Säule $ED = AE - AD$ samt der Elastizität $\frac{AC.h}{AD}$ im Gleichgewichte, folglich ist hier

$h = AE - AD + \frac{AC.h}{AD}$; $AD = \frac{1}{2}(AE - h) + \sqrt{AC.h + \frac{1}{4}(AE - h)^2}$ und

$DE = \frac{1}{2}(AE + h) - \sqrt{AC.h + \frac{1}{4}(AE - h)^2}$ = der Höhe der in der Röhre stehen gebliebenen Quecksilbersäule.

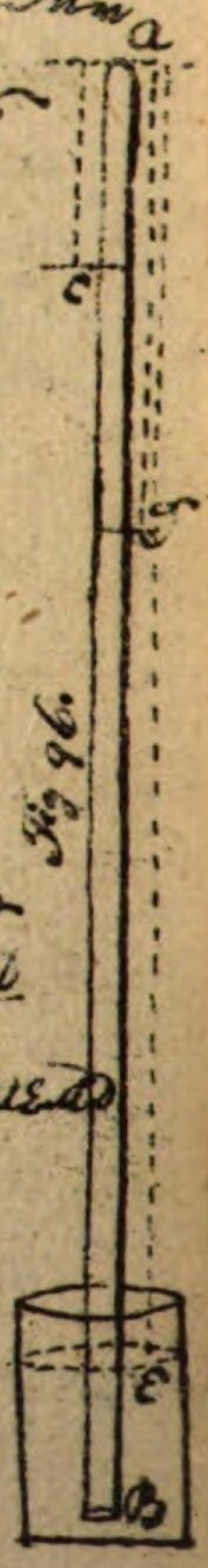


Fig. 96.

bei sorgfältig angestellten Versuchen, wo man alles immer in einerley Temperatur zu erhalten trachten muß, stimmen die Erfolge immer mit der angegebenen Berechnung überein, daher findet das angeführte Mariottische Gesetz auch bei der Verdünnung der Luft statt. Denn ist

z. B. $h = 28''$, $AE = 30''$, $AC = 2\frac{1}{4}''$ $AD = 9''$ und $ED = 21''$ und soll die in AD vorbereitete Luft z. B. 4 mal dünner werden, so setze man $AD = 4AC$ in die obigen Gleichungen so hat man. $a = \frac{AC.28}{4AC}$, $a = \frac{28}{4} = 7''$

$$ED = 30 - 9 = 21''\,;\quad AC = \frac{7 \cdot 9}{28} = \frac{9}{4}\,;\quad AD = \tfrac{1}{2}(30-28) + \sqrt{\tfrac{9}{4}.28 + \tfrac{1}{4}(30-28)^2}$$

$$DE = \tfrac{1}{2}(30+28) - \sqrt{\tfrac{9}{4}.28 + \tfrac{1}{4}(30-28)^2}\,;\quad AD = 1 + \sqrt{63+1} = 9''$$

$DE = 29 - 8 = 21''$. wo also die Berechnung mit der Erfahrung übereinstimmt.

Aus dem angeführten Mariottischen Gesetze, läßt sich auch darthun daß die Dichtigkeiten und Elastizitäten der Luft in verschiedenen in arithmetischer Progression auf einander folgenden Erhöhungen über einem beliebigen Horizonte bei gleicher Temperatur in einer geometrischen Progression abnehmen, und so auch die entsprechenden Barometerhöhen; aus welcher Wahrheit die oben gegebene Berechnung für den Höhenunterschied zweyer Stationen abgeleitet worden ist.

Zu den Vorrichtungen wo der Druck der Atmosphäre, und die Elastizität der zusammen gepreßten Luft ihre Wirkungen äußern, gehöret auch das vereinigte Saug- und Druckwerk mit Windkessel: ein solches ist in Figur 97 vorgestellt.
Bei diesem ist NZKO der obere Theil der Saugröhre, EGHF die Kolbenröhre, oder der Stiefel, L der Windkessel und MP die Steigröhre welche durch die Ventile m u. r. mit einander communiciren, zum Unterschiede ist hier der Stempel AB nicht ausgehohlt wie bei dem Saug- und Hebwerk dieß der Fall ist. Ist nun der Stempel bis AB in die Höhe gehoben, und bis an denselben das Wasser gestiegen, und hierauf der Kolben von AB nach GH zurückgedrückt, so schließt sich das Ventil m, zu gleicher Zeit öffnen sich die Ventile n und z und das Wasser steigt in den Kessel L und in die Röhre MP. Wird nun der Stempel

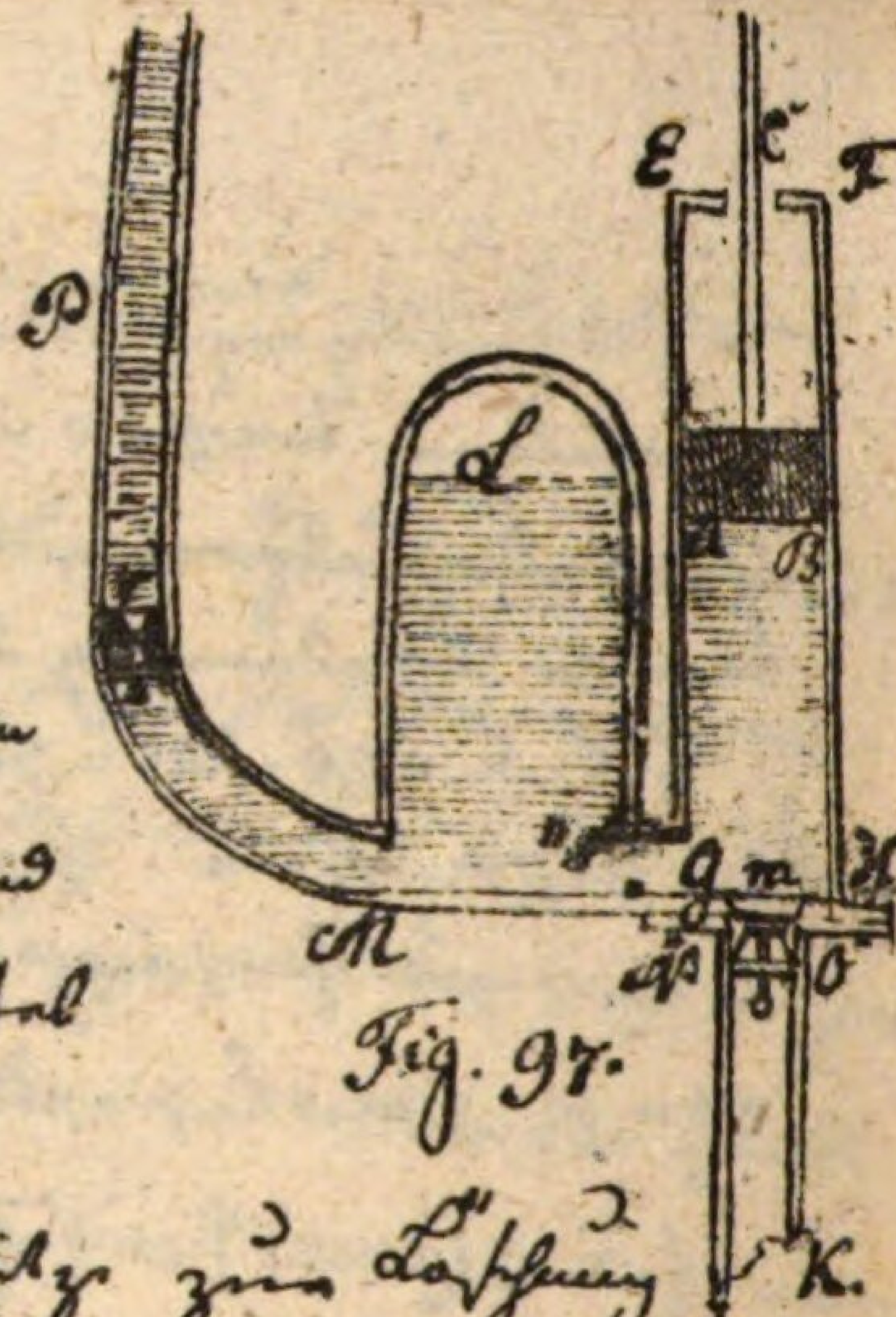


Fig. 97.

aB vor gH wieder zurückgezogen, so schließen sich die Ventile r und n, und es tritt nach obigem Grundsatz wieder neues Wasser in aGHB ein; bei dem Zurückstoßen des Kolbens schließt sich m, es öffnen sich n und r, und das Wasser wird aus dem Kessel neuerdings in die Röhre gedrückt.

Soll eine solche Vorrichtung als Wasserspritze zum Löschen des Feuers verwendet werden, so wird, damit bei dem Zurückziehen des Kolbens der Wasserstrahl nicht unterbrochen werde, dieselbe mit einem Windkessel L versehen. In diesem wird durch den Niedergang des Kolbens die Luft in L zusammengepreßt; welche beim Rückgange des Kolbens sich mit gleicher Kraft wieder ausdehnt, und so unausgesetzt das Wasser in die Steigröhre MP getrieben wird.

Wenn die Kraft nach Abschlag desjenigen Theiles, welcher zur Ueberwindung der Reibung verwendet wird, gegeben ist, womit der Kolben bei einer Feuerspritze gegen das Wasser wirklich gepreßt wird, so läßt sich daraus die Höhe des lothrechten Wasserstrahles gleich a berechnen. — Denn wenn man die Kraft p in eine schwere Wassersäule verwandelt, deren Grundfläche der Querschnitt B des Kolbens oder Ventils ist, und welche eine gewisse Höhe = A hat, wobei nämlich $A = \frac{p}{Bs}$ seyn muß, so ist der Erfolg eben so als wenn das Steigen des Wasserstrahls bei einem Springbrunnen von der Druckhöhe A bewirkt würde. — Es ist daher die Druckhöhe $A = a + \frac{a^2}{300}$ Fuß und daraus die Höhe des Wasserstrahles $a = 10\sqrt{3A+225} - 150$.

Es habe z. B. der Stiefel einer Feuerspritze 6" im Durchmesser und der Strahl soll 80 Fuß hoch steigen, so ist a = 80, und daher die Druckhöhe $A = 80 + \frac{6400}{300} = 101$ Fuß; multiplizirt man mit dieser gefundenen Druckhöhe den Querschnitt des Stiefels $= \frac{d^2\pi}{4} = B$ so erhält man den kubischen Inhalt einer Wassersäule, deren Gewicht der gesuchten Kraft gleich ist. Nun ist die Grundfläche des Kolbens $B = \frac{(\frac{1}{2})^2 \cdot 3{,}14}{4} = \frac{3{,}14}{16} = 0{,}19625$□' diese mit $A = 101$ multiplizirt gibt 19,82 Cubikfuß für den Inhalt einer Wassersäule deren Gewicht der gesuchten Kraft gleich ist, mithin ist diese Kraft $p = 19{,}84 \times 44{,}4 = 881$ ℔.

Die Verbindung mehrerer Druck und Saugwerke welche das Wasser in ein gemeinschaftliches Behältniß erheben, heißt ein Wasserwerk oder Pumpenkunst. In so einer Kunst muß immer eine gleiche Anzahl Kolben steigen und sinken, daher wird sich auch in Berücksichtigung dessen die oben aufgestellte Theorie auf sie anwenden lassen.

Bestimmung des specifischen Gewichtes der Körper

Das specifische Gewicht eines Körpers wird allgemein durch die Zahl ausgedrückt welche angibt wievielmal dieser Körper schwerer ist als ein gleiches Volumen reinen Wassers von einer bestimmten Temperatur.

Durch sehr genaue Abwägung des Wassers, und Quecksilbers z. B. hat man gefunden, daß wenn das Gewicht eines Volumen Wassers bei 0° R. gleich 1 angenommen wird, jenes eines gleichen Volumen Quecksilbers = 13,59719 ist, das specifische Gewicht des Quecksilbers ist demnach 13,598207. d. h. Quecksilber ist 13,59719 mal schwerer als gleichviel Wasser. Ferner, da der Cubikfuß Wasser 44,4 ℔ wiegt, wird der Cubikfuß Quecksilber 44,4 × 13,59719 = 603,715236 ℔ wiegen. Diese letztere Zahl 603,7.... ℔ heißt das absolute Gewicht des Quecksilbers, jenes Cubikfußes [illegible] wird mit α bezeichnet, während das specifische Gewicht allgemein durch

durch den Buchstaben ε, und zwar eines gleichen Volumen Wassers durch s ausgedrückt wird, so daß $\varepsilon = \frac{\alpha}{s}$, und $\alpha = \varepsilon s$ ist.

Das Gewicht und die Ausdehnung des Wassers welches nach den verschiedenen Graden der Temperatur merklich veränderlich ist findet man nach der Scale von Reaumur in nachstehender Tabelle.

Temperatur des Wassers von 0 bis 20° R.

	Volumen	Dichtigkeit
0°	1	1
1	0,99995523	1,0000447
2	0,99993058	1,0000694
3	0,99992589	1,0000739
4	0,99994099	1,0000593
5	0,99997571	1,0000241
6	1,00002990	0,9999700
7	1,00010340	0,9998966
8	1,00019604	0,9998041
9	1,00030766	0,9996925
10	1,00043809	0,9995620
11	1,00058718	0,9994131
12	1,00075476	0,9992457
13	1,00094067	0,9990600
14	1,00114474	0,9988564
15	1,00136682	0,9986350
16	1,00160674	0,9983938
17	1,00186438	0,9981390
18	1,00213946	0,9978650
19	1,00243194	0,9975739
20	1,00274116	0,9972663

Temperatur des Wassers von 21–40° R.

	Volumen	Dichtigkeit
21	1,00306829	0,9969411
22	1,00341183	0,9965997
23	1,00377212	0,9962419
24	1,00414893	0,9958681
25	1,00454211	0,9954783
26	1,00495152	0,9950729
27	1,00537698	0,9946517
28	1,00581832	0,9942154
29	1,00627540	0,9937637
30	1,00674805	0,9932970
31	1,00723610	0,9928159
32	1,00773939	0,9923200
33	1,00825777	0,9918098
34	1,00879106	0,9912856
35	1,00933913	0,9907473
36	1,00990174	0,9901952
37	1,01047881	0,9896298
38	1,01107014	0,9890512
39	1,01167558	0,9884592
40	1,01229496	0,9878544

Temper. des Wassers von 41–50° R.

	Volumen	Dichtigkeit
41	1,01292812	0,9872370
42	1,01357490	0,9866069
43	1,01423514	0,9859646
44	1,01490866	0,9853103
45	1,01559531	0,9846441
46	1,01629494	0,9839665
47	1,01700736	0,9832771
48	1,01773243	0,9825766
49	1,01846998	0,9818648
50	1,01921984	0,9811425

Temper. des Wassers von 51–60° R.

	Volumen	Dichtigkeit
51	1,01998187	0,9804094
52	1,02075589	0,9796660
53	1,02154173	0,9789124
54	1,02233925	0,9781423
55	1,02314826	0,9773754
56	1,02396862	0,9765923
57	1,02480016	0,9758003
58	1,02564272	0,9749982
59	1,02649613	0,9741871
60	1,02730024	0,9738683

Temperatur d. Wassers von 61–70° R.

	Volumen	Dichtigkeit
61	1,02823487	0,9725403
62	1,02911988	0,9717040
63	1,03001508	0,9708595
64	1,03092034	0,9700071
65	1,03183547	0,9691467
66	1,03276031	0,9682788
67	1,03369472	0,9674035
68	1,03468853	0,9665212
69	1,03559156	0,9656317
70	1,03655366	0,9647353

Temperatur des Wassers von 71–80° R.

	Volumen	Dichtigkeit
71	1,03752464	0,9638326
72	1,03850440	0,9629232
73	1,03949272	0,9620076
74	1,04048948	0,9610860
75	1,04149451	0,9601585
76	1,04250755	0,9592256
77	1,04352856	0,9582872
78	1,04455740	0,9573033
79	1,04559357	0,9564943
80	1,04667860	0,9554406.

Wünscht man das spezifische Gewicht der Substanzen für eine andere Temperatur als 0° zu finden, so muß man die Zahlengrößen verhältnißmäßig auf die Ausdehnung oder Dichtigkeit des Wassers bei jener Temperatur zurückführen. Daher würde das specifische Gewicht des Quecksilbers im Vergleich mit Wasser von 14° R.

$$= \frac{13,59719}{0,998564} = 13,613$$

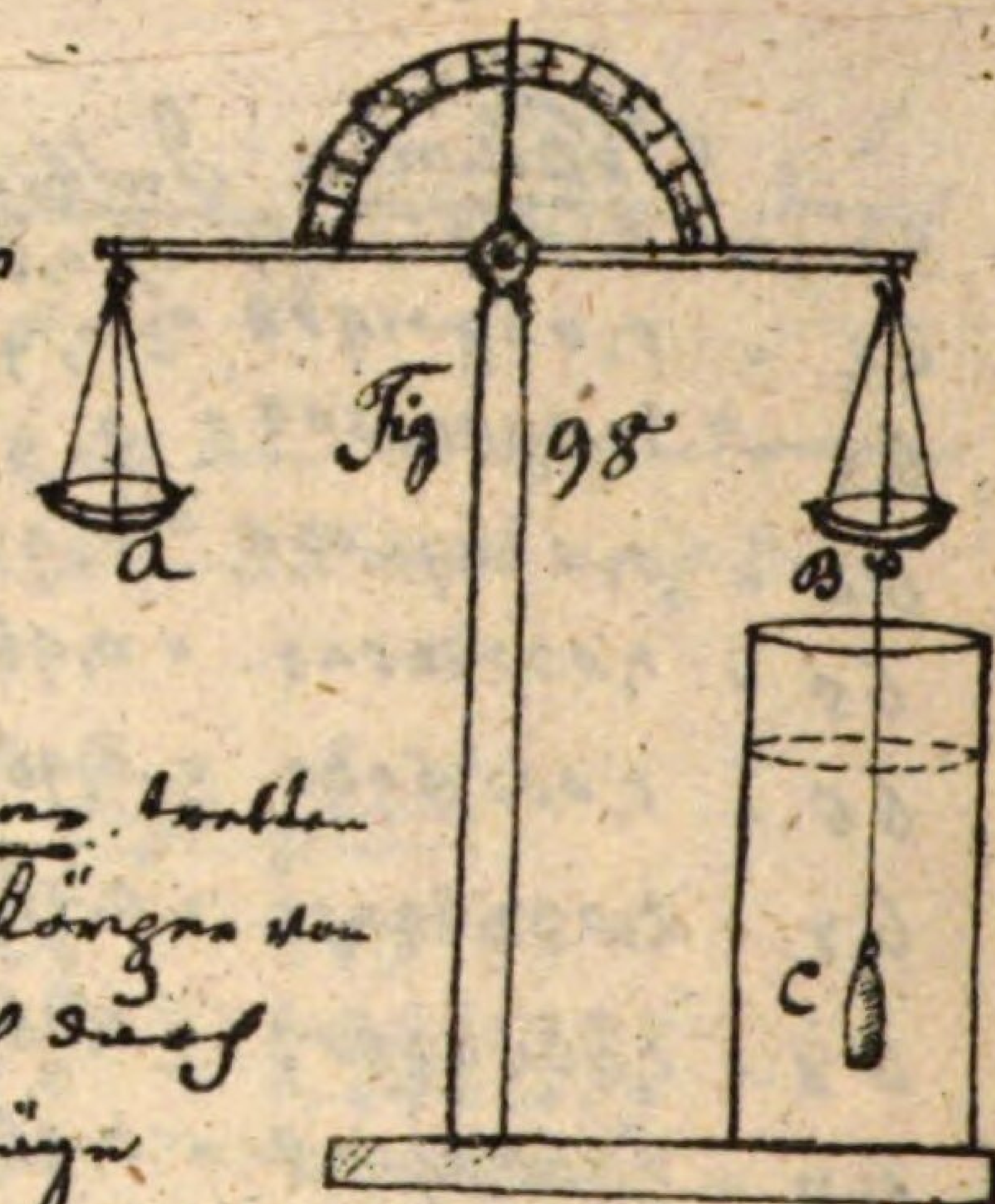
Die größte Dichtigkeit des Wassers findet bei 2,736° R statt, denn da ist dessen Volumen = 0,9999252 das kleinste, und dessen spez. Gewicht = 1,0000746 das größte, während beide bei 0° R = 1 vorausgesetzt worden sind.

Die gewöhnlichsten Mittel um die specifische Schwere sowohl fester als flüssiger Körper zu untersuchen sind die hydrostatische Wage, und das Araeometer.

Die hydrostatische Wage unterscheidet sich von der gemeinen Wage nur dadurch, daß sie empfindlicher ist, als dieselbe, in Hinsicht grösserer Sicherheit und Genauigkeit auf einem Fußgestelle aufgehangen ist – die Schale B ist unten mit einem kleinen Häkchen versehen, daß man mittelst eines daran befestigten Fadens oder Pferdehaares einen daran gebundenen Körper in jeder Flüssigkeit abwägen kann.

Um bei Untersuchung des specifischen Gewichtes genau zu verfahren hat man dabei auf eine gleiche und beständige Temperatur Rücksicht

zu nehmen, so geschehen die meisten Bestimmungen des specifischen Gewichtes nach denen die nachfolgenden Tabellen bearbeitet sind, bei einer mittleren Temperatur von 14° R.



Bey Bestimmung des specifischen Gewichtes fester Körper treten drey Fälle ein, und zwar 1) wenn der feste Körper von schwererer Art ist als das flüssige, welches sich durch sein Sinken zeigen wird. In diesem Falle wäge man den Körper in der freyen Luft, und dieses Gewicht ist sein absolutes = A. Dann wäge man denselben im destillirten Wasser und ziehe dieses Gewicht von dem was derselbe in der Luft wiegt ab, so gibt der Unterschied das Gewicht des destillirten Wassers unter seinem Raumsinhalt = S, und sodann hat man wie allemal das specifische Gewicht $E = \frac{A}{S}$.

z.B. Ein Thaler von gutem Silber wiege in der Luft 468 gran = A und verliere von diesem Gewichte im Wasser [illegible] 45 gran = S so wird das specifische Gewicht des gemünzten Silbers $E = \frac{468}{45} = 10{,}408$.

Eine mehr oder weniger tiefere Einsenkung unter das Wasser macht keinen Unterschied im Verluste am Gewichte des Körpers, weil dieser allemal = V.S d.i. gleich seinem Volumen multiplizirt mit dem absoluten Gewichte des Wassers ist.

2) Wenn der feste Körper die nämliche specifische Schwere als das Wasser hat, so wird man dieses daran erkennen, daß derselbe im flüssigen weder steigt, noch fällt, und kein Gegengewicht in die Schale a gelegt werden darf. Sein spec. Gewicht ist sodann auch = 1.

3) Wenn der feste Körper von leichterer Art ist als das flüssige so wird sein absolutes Gewicht A. gleichfalls durch das Abwiegen in der Luft bestimmt. Um aber auch das Gewicht des flüssigen unter seinem Raumsinhalt zu bestimmen, so verbinde man mit dem=

-selben einen Körper von schwereren Art, und verknüpfe sie beide; diesen damit verbundenen Körper aber muß man zuvor in der Luft gewogen, und auch seinen Verlust im Wasser bestimmt haben. Eben so muß man aus der Summe des Gewichtes der beiden Körper, in der Luft, und ihres summarischen Gewichtes im Wasser ihren summarischen Gewichtsverlust im Wasser bestimmen.

Ist nun Q der gemeinsame Verlust im Wasser, und q der Verlust des schweren Körpers, so wird $Q - q = S$, das Gewicht des Wassers unter dem Raumsinhalt des spezif. leichteren Körpers seyn. und sodann ist wie jederzeit $E = \frac{A}{S}$. d. i. hier $E = \frac{A}{Q-q}$.

z. B. Ein Stück Korkholz wiege in der Luft 48 Gr. Ein Stück Messing das in der Luft 4800 Gr. wiegt verliere im Wasser 580 gr. = q. Kork und Messing welche zusammen 4848 Gr wiegen verlieren mit einander vereint im Wasser 780 gr. = Q, so wird

das spezif. Gewicht des Korkholzes $E = \frac{48}{780-580} = \frac{48}{200}$ $= 0,24$.

Wenn ein Körper, von dem das spezif. Gewicht zu bestimmen ist, im Wasser auflöslich wäre, so hat man solche Flüssigkeiten anzuwenden in denen er nicht auflöslich ist, und deren spec. Gewicht man schon kennt, oder für diesen Fall erst bestimmt werden muß; man bestimmt sodann das spec. Gewicht des Körpers in Bezug auf diese Flüssigkeit auf die nämliche Art wie vorhin, multiplizirt das also gefundene spec. Gewicht des Körpers in Bezug auf die gewählte Flüssigkeit, mit dem spec. Gewichte dieser Flüssigkeit, so gibt sein Produkt das spec. Gewicht des festen Körpers in Bezug auf Wasser.

z. B. Das Gewicht eines im Wasser auflöslichen Crystalles sey = 39 gr. sein Verlust in Terpentinöl = 20 gr. so ist sein spec. Gewicht in Bezug auf Terpentinöl $= \frac{39}{20} = 1,95$. nun ist das spec. Gewicht des Terpentinöls 0,881 also das spec. Gewicht des Crystalles in Bezug auf Wasser $= 1,95 \times 0,881 = 1,718$.

Es gibt Körper die sich mit der Flüssigkeit tränken, ohne sich aufzulösen noch sich zu zersetzen. Würde z. B. das spec. Gewicht eines Sandsteines gesucht, und blos gefragt welches das spec. Gewicht eines solchen Körpers sey, der einen gleichen Raumsumfang und ein gleiches Gewicht mit diesem Sandstein hätte, allein ohne Zwischenräume wäre, so unterscheidet sich diese Frage von der folgenden, welches ist das spec. Gewicht des undurchdringlichen Stoffes, den dieser Körper enthält:

Sowohl für den einen als den andern Fall läßt sich das spec. Gewicht dieses Körpers auf folgende Art bestimmen.

Man sucht zuerst das Gewicht des trockenen Körpers in der Luft, und dieses sey = 1000 Gr. man taucht denselben hierauf ins Wasser, läßt ihn solange darin, bis er von demselben gänzlich durchdrungen ist, und sucht wieviel er an Gewicht zugenommen hat, diese Gewichtszunahme sey = 50 Gr. man bestimmt sodann seinen Gewichtsverlust im Wasser, oder wieviel Wasser er aus der Stelle treibt dieser sey = 240 Gr.

Soll nun das spec. Gewicht des Körpers in Betracht seines äußern Raumsumfanges gefunden werden, so dienen die 50 Gr. welche er verschluckt hat nur seine Zwischenräume zu verschließen sein spec. Gewicht ist sonach $= \frac{1000}{240} = 4,167$.

Will man im Gegentheil das spec. Gewicht, nur des undurchdringlichen Stoffes des Körpers wissen, so muß man erwägen, daß derselbe nicht 240 Gr. sondern nur 240 − 50 = 190 Gr. Wasser aus der Stelle gedrückt habe. Sein spec. Gewicht ist demnach

$\frac{1000}{190} = 5,263$.

NB: 1 ℔ = 12 Unzen, 1 Unz = 8 Drachmen, 1 Drachme = 3 Scrupel und 1 Scr. = 20 Gran.

Ein Maß Wasser = 2 engl. Pinten = $1\frac{1}{2}$ franz. Pint = 42 Dec. Cub. Zoll, wiegt bei 14° R. $35\frac{1}{2}$ Unzen.

Das Araeometer besteht aus einer kleinen länglichen Flasche B, dessen Hals AD sehr dünn, und in F mit einem bleibenden Einschnitt oder Zeichen versehen ist, am untern Theil dieser Flasche B, ist ein kleiner Trichter C befestiget, der mit Bley ausgegossen ist, um das Instrument im flüssigen aufrecht zu erhalten. – der obere Theil trägt einen Teller A worauf kleine Gewichte gelegt werden können. Um den Araeometer zu gebrauchen, muß man genau sein Gewicht wissen, welches sodann auf demselben angemerkt seÿn kann, um es nicht zu vergessen. Man thut sodann den Araeometer in destillirtes Wasser, beladet den Teller mit Gewichten, bis sich derselbe bis zu dem Theilstriche F einsenket; die Summe des Gewichtes des Araeometers und der in A aufgelegten Gewichte gibt sodann auch genau das Gewicht des destillirten Wassers unter dem Rauminhalte des Araeometers welches ein für allemal auf dem Araeometer selbst angemerkt werden kann, nebst der Zahl m.



Fig. 99.

Um mit diesem Araeometer das spec. Gewicht eines festen Körpers zu bestimmen, sucht man erstlich wie viel Gewichte in A aufgelegt werden müssen, um das bloße Instrument im destillirten Wasser bis zum Theilstrich F eintauchend zu machen, es seyen die Anzahl Grane = m z.B. = 1360 gr. Nimmt man sodann diese m Grane von der Schale hinweg, und legt dafür den zu untersuchenden Körper auf, u. bezeichnet n (z.B. 820 gr.) die Anzahl Grane welche noch zu dem Körper in A aufgelegt werden müssen, damit sich das Araeometer wieder bis zu dem Theilstrich F eintauche, so wird m–n das unbekannte Gewicht des Körpers = A seÿn. Für den zum Beispiel dienenden Körper ist daher A = 1360 – 820 = 540 Gr. Legt man sodann diesen Körper unter Wasser in den Trichter C so wird er um so viel weniger wiegen, als viel das Wasser unter seinem Rauminhalte wiegt, man wird also nothwendig in A Gewichte auflegen müssen, und diese werden aber gleich dem Gewichte eines gleichen Volumen Wassers = g seÿn. und wenn g = 90. Gr. ist so wird demnach das spec. Gewicht dieses Körpers $E = \frac{540}{90} = 6$. seÿn.

Verzeichniß der specifischen Gewichte einiger festen Körper.

I Metalle. und Erze.

Gold das reinste	19,64
" geschmolzen rein	19,258
" geschmolz. u. geschlag.	19,362
" ausgemünztes	17,647
Goldglätte ..	6.
Silber das reinste	11,091
" geschmolzenes	10,474
" geschmiedetes	10,51
" ausgemünztes	10,408
Platina das reinste	21,9
" zu Drath gezogen	21,042
" gereinigt u. geschmied.	20,337
" gereinigt u. geschmolz.	19,5
" rohe in Körnern	15,602
Kupfer geschmolz. u. geschmied.	7,788 (6)
gediegenes	8,5 (6)
schwedisches	8,784
japanisches	9.
Kupferdrath	8,878
Messingdrath	8,544
Eisen geschmolzenes	7,207
" gehämmertes	7,788
Eisenglanz ..	5,2
Thon Eisenstein	4,3 – 4,5
Stahl -------	7,833
" sehr elastischer	7,803
Zinn von Kornwallis	7,291
" geschmolz. u. gehämmert	7,299 (6)
" reinstes englisches	7,295

Bley geschmolzenes	11,352
" englisches	11,325
" deutsches	11,31
Bleykalk ...	8,94
Schwefelbley	7,2 – 7,5
Bleyweiß	3,156
Zink geschmolz..	7,191
Wismuth ·	9,823
Kobalt ·	7,812
Spießglanz ·	6,702
Spießglanz roher	4,062
Spießglanzglas	4,946
ungereinigter Spießglanz	4,7
Arsenik geschmolz.	5,763
Nikel geschmolz.	7,807
Kupfernickel	7,7
Quecksilber das reinste	13,598207
" englisches	13,547
gediegener Zinober	7,3
künstlicher -	8,2
Silberglanz ---	6,9 – 7,2
Rothgültigerz ..	7,5 – 7,8
Sprödglaserz	6
Hornerz	7,9
Rothkupfererz	5,8
Kupferkies	4,3
Fahlerz ---	4,6
Kupfer-Lazur -	3,6 – 3,8
Malachit --	4.
Magnet Eisenstein	5.

II Mineralien

Kohlensaure Verbindung z. Carbonate

Aragonit -----	2,9.
Kalkstein ---	2,7.
Kalkspath rhomboedrisch	2,715
Marmor. grünlichgelber	2,742
" rothgefleckter	2,724
" weißer Carrarischer	2,717
kalkartiger Tuffstein	2,233
kohlensaures Bley	6,5.

Schwefels. Verbindung Sulphate

Schwerspath ----	4,43.
Strontian ---	3,8.
Gyps. Fraueneis, Selenit	2,322
Alabaster orientaler	2,73 (6)
" gemeiner	1,872
Gypsstein schuppiger erdiger	1,9 (6)
Anhydrit ----	2,9
Vitriolit ----	2,7.
Alaun reine Theile	1,7.
Alaunstein ---	2,5.
Glaubersalz ---	1,5
Schwefels. Bley	6,3

Phosphors. Verbindung phosphate

Apatit phosphors. Kalk	3,2.
phosphors. Thonerde	2,8.
" " Kupfer	4,2
" " Bley	7,3
" " Eisen	2,5.

Flußs. Verbindung Fluatae.

Flußspath. flußspathkalk 3,8.
" grüner 3,182.
" violetter 3,176
Cryolit ---- 2,9.

Borax s. Verb. Boracitae.

Boraxsäure 1,48
Boracit ---- 2,9.
Datolit ---- 2,98

Salz s. Verbind. Muriatae.

Gem. Kochsalz -- 2,2.

Salpeter s. Verb. Nitratae

Salpeter -- 1,9

Kiesel s. Verb. Silicatae.

Quarz crystallisirter 2,655
" derber. 2,647.
Brasilianischer Bergcrystal 2,653.
Opalquarz ---- 1,9-2,3
Bimstein -- 0,914.
Circon aus Ceilon 4,416.
Hyacinth gemeiner 3,687.
Crysoberil ---- 3,7
Topas orientalischer 4,011.
" Brasilianischer 3,536
Schmaragd v Peru 2,775
Dichroit --- 2,6.
Turmalin ---- 3.
Axinit ---- 3,2.
Andalusit ---- 3,9.
Staurolith --- 3,5
Granat --- 3,5-4
" Böhmischer 4,189
" [illegible] 4.
Vesuvian --- 3,4

Chrisolit der Juweliere 2,782.
" Brasilianischer 2,692
Augit-Pyroxin --- 3,3
Amphibol ---- 3-3,2.
Basalt ----- 2,922.
Disthen ----- 3,6.
Diallogon-Schieferspath 3,2
Serpentin --- 2,6
Glimmer schwarzer 2,9.
" weißlicher 2,792
Thon- od. Wetz-Schiefer 2,876.
schwarz. Wetzschiefer 3,131.
Chinesischer Speckstein 2,7-2,8
gewöhnlicher " 2,6.
Merschaum --- 1,1-1,2.
Nephrit ---- 3.
Feldspath ---- 2,5-2,7.
Labradorstein 2,7.
Scapolit --- 2,8.
Spodumen --- 3,2
Nephelin --- 2,6.
Laizit ---- 2,5
Tafelspath. Schalstein 2,8-2,9.
Lazurstein ---- 8,9.
Bimsstein ---- 2,4.
Analzim --- 2,2.
Chabasit ---- 2,1.
Mesotyp --- 2,2.
Pregnit ---- 2,8-2,9
Ichthiophthalm 2,4
Strahlzeolith-Stilbit 2,16
Bolus ---- 1,6
Rubin orientalischer 4,283
Saphir ---- 3,13

Crysopras --- 4
Aquamarin -- 3,49
Sand od. Schleifstein 2,143
Filtrirstein ---- 2,111
Agath orientalischer 2,59
Carneol ----- 2,614
Sardonix reiner 2,602.
Prasemquarz --- 2,58
Feuerstein hellgrüner 2,594
Jaspis rother 2,661
Bandjaspis --- 2,816.
grüner Jaspis -- 2,764
schwarzer Schörl 3,364
Zeolith weiß glänzend 2,074.
" crystallisirter 2,083.
Kiesels. [illegible] 2,5
Basalt ---- 2,922.
Serpentinstein aus Italien 2,429.

Verb. mit Thonerde Aluminatae

Der reinste Thon 3,9.
Spinel --- 3,6.
grobe Kreide v Brianson 2,727.
Topfstein von Dauphin 2,769.
Russischer Talk od. Glimmer 2,791.
schwarzer Glimmer 2,9.
Diamant weißer orientalischer 3,521
Graphit --- 2,1-2,2
Schwefel ---- 2,033
Stangenschwefel 1,895
Brauneisenstein 3,9-4.

Spatheisenstein	3,7–3,9
Zinnkies	4,3.
Zinkblende	4.
Kieselsäures Zink	3,6.
Kobaltblüthe	2,9–x.
Schwefelwismuth	6,4.
Rothspießglanzerz	4,5.
Tellur gediegenes	6,1–6,2.
Molybden	4,7.
Uranoxidul	6,4.
Uranoxid-Uranglimmer	3,1.
Titanit	3,5.
Schwerstein	6,1.
Tantalit	8,2.
Honigstein	1,56
Orient. Chalzedoine	2,569

Gemischte Steinarten

Obsidian	2,348.
Kugelförmiger Basalt	2,421.
Porphir rother	2,765
schwarzer Backstein	2,5
weißer "	2,669.
gemeiner Sand	2,631.
Backsteine	2,006.
Achat	2,631.
Federalaun	2,275
Amiant	2,913.
rother Arsenik	3,223
gelber "	3,313.
Beril	3,056
weiße Kreide	2,252.

Schwedischer Granat	3,978.
Blutstein	4,36
Probierstein	2,685
Magnet	4,585
Malachit	2,507.
Nierenstein	2,894
Onyx	2,51
Afterachat	2,672
Kupferkies	4,027
Eisenkies	4,912.
weißer Schiefer	2,331
schwarzer "	2,238
Selenit	2,322.
gemeiner Ziegel	2,542.
ostindischer Turmalin	2,952.

Künstliche Gläser und Vitrifikationen

Bouteillenglas grünes	2,855
" weißes franz.	2,732.
Crystallglas	2,892.
Flintglas	3,329.
Boraxglas	2,607.
Porcellan sächsisches	2,146.
" chinesisches	2,385.

Dichte Erdharze.

Steinkohle	1,329.
grauer Amber	0,926.
Bernstein	1,078.
Gagat	1,203
Judenpech	1,744.
rother gediegen. Schwefel	2,871
gemeiner "	1,8.
Stangenschwefel "	2.

Vegetabilische u. animalische Substanzen u. c.

Gumi Arabicum	1,452.
Fichtenharz	1,073
durchsichtiger Kopal	1,0451
Guajakharz	1,229.
Gumi Elasticum	0,933
Leinöhl	0,989
Amoniack Gumi	1,207
Ephorbium	1,124.
Weihrauch	1,173
Scamonium d. Aleppo	1,235
Galban Gumi	1,212.
Assa fötida	1,327.
gemeines Gumi	1,481
Tragant	1,316
Butter	0,942
reiner Salmiak	1,452
Lakrizensaft	1,723.
Opium	1,337
Indigo	0,769
gelbes Wachs	0,965
Wallrat	0,943
Rindstalg	0,913
Hammeltalg	0,923
Unschlitt	0,942
Schweinschmalz	0,957
Allaun	1,714.
reines Kochsalz	2,143.
Glaubersalz	2,246
rother Weinstein	1,849
gereinigter Weinstein	1,9
vitrioli zinkes	2,298.

englisches Vitriol 1,88. weißes Vitriol 1,9.

Hölzer

Eichenholz	1,17	Aloe	1,177	Wachholderholz	0,556
Buchenholz	0,852	rothes Brasilienholz	1,031	Zwetschgenholz	0,663
Erlenholz	0,8	Buchsbaumholz	1,031	Sassafras	0,482
Nußbaumholz	0,671	Campescheholz	0,913	Ulmenholz	0,6
Lindenholz	0,604	Cedernholz	0,613	Schwarzwurzel	1,071
Fichtenholz	0,55	Kokusnuß	1,34	Chinarinde	0,784
Korkholz	0,24	Ebenholz	1,177	Galläpfel	1,034
Ahorn	0,755	Guajakholz	1,333		

Um das specifische Gewicht der flüßigen Körper mittelst der hydrostatischen Wage fig 98 zu bestimmen, dient eine Glasperle C deren Gewicht = m und Verlust im destillirten Wasser = s bekannt sind, oder erst bestimmt werden müssen – die Verfahrungsart hierbei ist folgende – man befestige die Perle mittelst eines Fadens an dem Häkchen der Schale B, und versenke sie in die zu untersuchende Flüssigkeit; lege sodann in der Schale A soviel Gewichte auf, bis das Gleichgewicht hergestellt ist; diese aufgelegten Gewichte zeigen dann an, wie viel die Perle in der zu prüfenden Flüssigkeit wiegt – Wog nun dieselbe in der Luft m Lothe oder Grane und im flüssigen n Lothe oder Grane, so giebt m–n den Verlust welchen die Perle in dieser Flüssigkeit verliert, und der gleich dem absoluten Gewichte des flüssigen unter dem Rauminhalte der Perle also = A ist. das absolute Gewicht des destillirten Wassers unter demselben Rauminhalt = s ist entweder schon bekannt, oder kann durch Wiederholung der nämlichen Operation im destillirten Wasser bestimmt werden., und es ist sodann das specifische Gewicht des flüssigen $E = \frac{A}{S}$. z.B.

Es verlieren die Perle im destillirten Wasser. 177 Gr = s und im Weingeiste = 146 Gr = A. so wird das specif. Gewicht des Weingeistes $E = \frac{146}{177} = 0,825$. dieselbe Perle verliere ferner in der Essigsäure 187 Gr. so wird das spec. Gewicht der Essigsäure $E = \frac{187}{177} = 1,056$.

hat man ein Fläschchen welches genau 1000 Gr. destillirtes Wasser hält, so ist hier g ein für allemal bestimmt; füllet man hernach dieses Fläschchen mit einer andern Flüssigkeit, z. B. mit Aetzamonium, und findet daß dieses Aetzamonium mit Abrechnung des Gewichtes des Fläschchens 963 Gran wiege, so ist das spec. Gewicht desselben ε $= \frac{963}{1000} = 0,963$. auf eine der leichtesten Arten gefunden.

Ein gutes Mittel um die specifischen Gewichte der tropfbar flüssigen Körper zu untersuchen ist Fig 99 der General Aracometer, oder Fig 100 das Araeometer von Fahrenheit. dieses letztere hat am Untertheil der Flasche, statt des Gewichtes eine kleine gläserne Kugel C, in welcher etwas Quecksilber gefüllet ist um das Instrument im Flüssigen aufrecht zu erhalten. — Ist dieses Aräometer bis zu dem Theilstriche F in destillirtes Wasser eingesenkt, so gibt die Summe des Gewichtes des Aräometers, und der in A aufgelegten Gewichte, das Gewicht des destillirten Wassers unter dem Raumsinhalt des Aräometers = g an. Man darf nun, wie

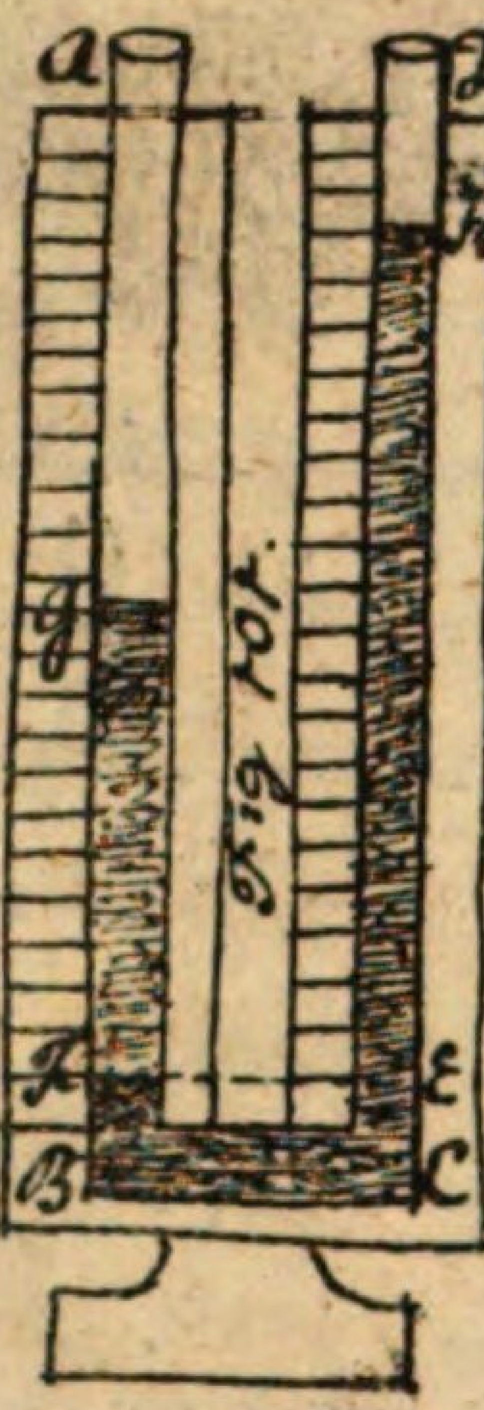


Fig. 100

Pk. 257 diese Operation mit derselben Genauigkeit bei einem andern Flüssigen, dessen spec. Gewicht man suchen will wiederholen, so erhält man das respective Gewicht des Flüssigen unter demselben Raumsinhalt = A. Allgemein wird für einen flüssigen Körper, g durch den Verlust eines jeden andern festen Körpers in destillirtem Wasser, und A durch den Verlust am Gewichte des nämlichen Körpers in der zu untersuchenden Flüssigkeit gegeben, und denn ist wie allemal auch hier das spec. Gewicht des Flüssigen $ε = \frac{A}{g}$.

Die Beispiele hierüber in der Vorlesung.

Das Spezif.-Gewicht verschiedener Flüssigkeiten, welche sich nicht miteinander vermischen, kann auch mittelst zweyer mit einander verbundenen Röhren AB und DC die mit einer Scala versehen und vertikal aufgestellet seyn müssen, untersucht werden. Zu diesem Ende gießt man in den einen Schenkel eine schwerere, in den andern eine leichtere flüssige Materie, bemerket die Stelle F wo beide Flüssigkeiten an einander gränzen und die Linie FE welche durch diesen Ort gehet. – Sind nun von dieser Linie aus FG und EH die Höhen der Flüssigen, und heißt das absolute Gewicht der schwereren Flüssigkeit in AB = A, und jenes der leichtern in DC = a. so verhält sich nach hydrostatischem Princip. FG : EH = a : A, und wegen A = Eg und a = eg hat man auch $FG : EH = e : E$ daraus $E = \frac{e.HE}{FG}$. Das heißt man bekommt das spezif.-Gewicht des schwereren Flüssigen Körpers, wenn man jenes des leichtern in CD, mit EH multiplizirt, und das Produkt durch FG dividirt, so ist das spezif. Gewicht des leichtern Flüssigen in EH nämlich $e = \frac{FG.E}{EH}$.



Da Quecksilber sich am wenigsten mit andern Flüssigkeiten vermischt, so könnte man auf diese Art die spezif. Schwere allerer Flüssigkeiten mit dem Quecksilber vergleichen. – Soll aber die spec. Schwere des destillirten Wassers als 1 angenommen werden, so müßten alle Zahlen die aus $\frac{FG}{EH}$ herauskommen, welches E das ist für diesen Fall mit dem spec. Gewichte des Quecksilbers = 13,598207 multiplizirt werden.

Wollte man unmittelbar zwey Flüssige vergleichen, und zugleich die Mischung verhüten, so kann man erstlich Quecksilber in die gläsernen Röhren gießen, und dann erst auf dieses Quecksilber an beiden Theilen der Röhren die Flüssigen hineinschütten, daß von dem einen soviel bis die Oberfläche des Quecksilbers sich beiderseits in einer horizontalen Fläche befindet, so verhalten sich die respektiven folglich auch die spec. Gewichte der beiden Flüssigen verkehrt wie ihre Höhen.

Die Salz- oder Solwagen, Bier- und Weinwagen sind Instrumente welche mit weniger Abweichung auf einerley Art construirt sind; sie bestehen aus einer gläsernen Röhre die unten mit einer Kugel versehen ist, in der sich etwas Quecksilber oder Bley befindet, damit dieselbe in der zu untersuchenden Flüssigkeit aufrecht stehe, und an dem eingetheilten Rande die Tiefe angebe zu welcher sie sich versenkt.

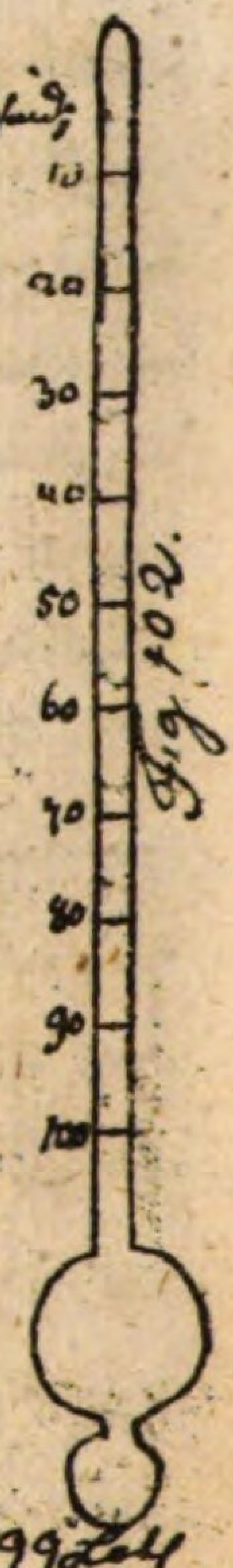


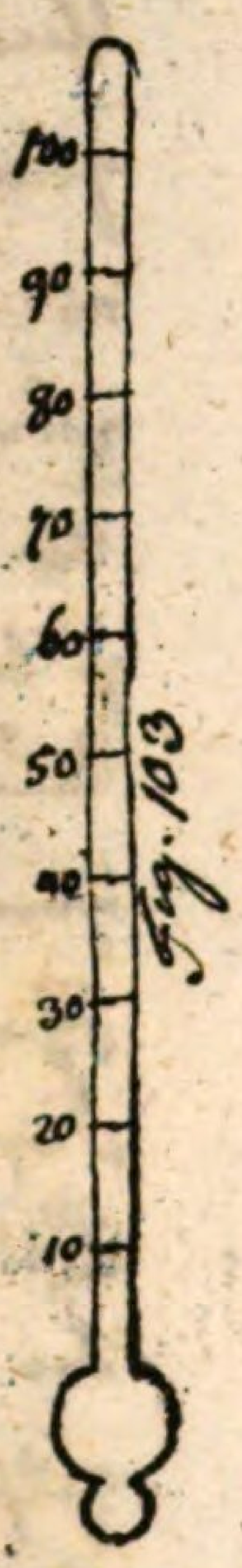
Fig. 102.

Vermittelst einer Solwage will man eigentlich ausfindig machen, wieviel Salz in einer gegebenen Menge Sole, oder Salzwasser enthalten sey. — Nun ist das Salzwasser spec. schwerer als reines Flußwasser, und nimt an Dichtigkeit immer mehr zu, je mehr Salz in einer bestimten Menge desselben enthalten ist. — Die Solwage wird daher desto höher gehoben werden, je reichhaltiger die Sole ist. — Die Eintheilungen einer solchen Wage werden auf folgende praktische Art gefunden. — Soll z. B. die Wage zeigen wieviel Loth Salz in 100 Loth Sole enthalten sind, so vermische man 99 Loth Wasser mit 1 Loth Salz, 98 Loth Wasser mit 2 Loth Salz u. s. w. 100−n Loth Wasser mit n Loth Salz und bemerke jedesmal wie tief sich die Wage senkt.

Soll bei der Eintheilung einer Solwage, wenn man dieselbe Quantität Wasser beibehalten will gefunden werden, wieviel Salz jedesmal dem Wasser zugegeben werden muß, daß dadurch das Gewicht des zugeschütteten Salzes ein bestimtes Theil vom Gewichte der zuvor gegebenen Sole seyn soll, sey die Anzahl Lothe des angenommenen Wassers $= n$, und das Gewicht des Salzes welches man zuschütten muß $= x$. so wird, wenn die Wage m Lothe zeigen soll $x = \frac{mn}{n-m}$

Bleibt demnach $n = 100$ und die Wage soll 1 Loth zeigen so wird $x = \frac{100}{99} = 1\frac{1}{99}$ Loth $= 238{,}4$ Gr. Apotheker Gewicht; für 2 Lothe wird $x = \frac{100 . 2}{98} = 2\frac{2}{49}$ Loth $= 481{,}6$ Gr. Weil man nun vorher schon 238,4 Gr. zugeschüttet hat, so hat man nur noch 243,2 Gr. zuzusetzen u. s. f.

Für Wagen die dazu bestimmt sind, um Flüssigk. zu untersuchen, deren Güte von der geringeren spec. Schwere abhängt, wird die Eintheilung statt von oben herab, von unten hinauf gemacht, wornach jeder im Verhältniß der größeren Einsenkung der Wage in der Flüssigk. z. B. Weingeist an Güte zunimt.



Verzeichniß des spec. Gewichts einiger flüßigen Körper, wovon das destillirte Wasser = 1 angenommen.

destillirtes Wasser	1	Auflösung der Kalkerde durch Salzsäure	1,289	Salmiakgeist	1,046
Flußwasser	1,0004	" der Alaunerde	1,125	Hirschhorngeist	1,059
salzhaltiges Wasser	1,24	" der Magnesia d. Salzsäure	1,328	rectifiz. Weingeist	0,842
Meerwasser	1,0263	" des Bleyes	1,204	Fenchelöl	0,974
burgunder Wein	0,991	Scheidewasser	1,3	Anisöl	0,987
braunes Bier	1,034	Königswasser	1,234	Naphta	0,708
weißes Bier	1,023	Kuhmilch	1,032	Weinsteinöl	1,55
Cider	1,018	Ziegenmilch	1,034	Salpetergeist gemeiner	1,315
Brandwein gemeiner	0,837	Molken	1,019	Champagner Wein	0,962
" alcoholisirter	0,829	Menschenblut	1,04	Moselwein	0,916
destillirter Essig	1,609	" Blutwasser	1,084	Auflösung der Alaun-Erde durch Salpeter-Säure	1,23
concentrirter "	1,02	menschlicher Urin	1,01		
Rheinwein	0,999	Terpentinöl	0,881		
Schwefelsäure	1,841	Lavendel öl	0,894		
Salpetersäure	1,271	Nelkenöl	1,036		
Essigsäure weiße	1,013	Zimmtöl	1,044		
" concentrirte	1,063	Olivenöl	0,915		
Ameisensäure	0,997	Nußmandelöl	0,917		
tropfbares Ammoniak	0,897	Leinöl	0,94		
Schwefeläther	0,74	Mohnöl	0,929		
Meersalzäther	0,73	Fischthran	0,923		
Essigäther	0,266	Kupfer Auflösung durch Salpetersäure	1		
Horngeist	1,296				
Guajacholzgeist	0,993				
Weinsteingeist	1,013				

Um das specif. Gewicht der Gasarten zu bestimmen, und bei der geringen Dichte derselben ihre Unterschiede bemerkbar zu machen, wird es nothwendig, sie auf eine derselben, der atmosphärischen Luft z. B. zurückzuführen.

Um das absolute Gewicht eines Volumens atmosphärischer Luft oder Gases zu bestimmen, bedient man sich hierzu einer hohlen gläsernen Kugel, deren innerer Raum=Inhalt wenigstens 200 bis 500 Cubikzoll beträgt, und die durch einen genau gearbeiteten Hahn verschlossen werden kann, um alle Gemeinschaft der äußern Luft mit dem Innern der Kugel abschneiden zu können. Diese Glaskugel wird bei geöffnetem Hahne auf den Teller einer vorzüglichen Luftpumpe fest geschraubt, und die Luft so rein wie möglich ausgepumpt; der Hahn wird hierauf geschlossen, die Kugel abgeschraubt, und in diesem Zustande auf einer sehr empfindlichen Wage gewogen. Bei dem Abwägen selbst aber, wird die Kugel nicht in die Wagschale gelegt, sondern an einem Häkchen unter derselben aufgehangen, und dann ins Gleichgewicht gesetzt. Nach Beendigung dieser Operation wird der Hahn behutsam geöffnet ohne die Kugel von der Wage abzunehmen, die äußere Luft dringt ein, füllt sie an, und die Schale B sammt der Kugel wird sinken, man wird in der andern Schale neuerdings Gewichte zulegen müssen, um wieder das Gleichgewicht herzustellen. Es ist klar daß die Zunahme des Gewichtes von der eingedrungenen Luft herrühre, und die neuerdings zugelegten Gewichte das Gewicht dieser Luft angeben, die unter dem Raumsumfange der Kugel enthalten ist. Es sey dieses Gewicht = g. – Auf eben diese Art verfährt man wenn das Gewicht eines gleichen Raumsumfanges irgend einer andern Gasart bestimmt werden soll, und welches Gewicht wir durch k ausdrücken wollen, so wird das specifische Gewicht dieser Gasart G nach der allgemein angenommenen Bestimmung desselben = $\frac{k}{g}$ seyn.



Fig 104.

Wird jedoch der Versuch an verschiedenen Tagen angestellet, so findet man, ungeachtet dieselbe atmosphärische Luft, oder dieselbe Gasart angewendet würden, und man sich derselben Kugel, oder derselben Luftpumpe bedienet, daß die Resultate beständig abweichen, obwohl die Beobachtungen genau sind. Dieses kommt daher:

1) Weil der Druck der Atmosphäre nicht unwandelbar derselbe ist, und so mit der Dichte der Luft sich auch ihr Gewicht verändern muß.

2) Weil die Temperatur bei ihrem Zunehmen die Luft ausdehnet, bei ihrem Abnehmen aber dieselbe verdichtet, und daher auf die Veränderung ihres Gewichtes einen ähnlichen Einfluß hat; und dieser Einfluß sich sowohl bei der Luft, als bei allen Gasarten äußert.

3) Weil die Kugel selbst bei Veränderung der Temperatur auch ihren Rauminhalt verändert.

4) Weil die atmosphärische Luft, und die Gasarten immer eine gewisse Menge Wasserdünste enthalten, und gemäß ihrer Quantität auch mehr oder weniger wiegen.

Weil endlich alle diese Ursachen auf die Versuche, auf den unscheinbaren Einfluß haben, daß für die Dichte der atmosphärischen Luft abändern, welche äußerlich die Kugel umgibt, und welche diese bei dem Abwägen unterstützt, und demgemäß auch mehr oder weniger von ihrem Gewichte verlieren muß; auch bleibt dennoch bei aller Sorgfalt die man anwendet um die Luft aus dem Inneren der Kugel hinwegzuschaffen, stets eine gewisse Menge elastischer Flüssigkeit zurück, deren Druck ebenfalls untersucht und gemessen werden muß, ob er durch einen kleinen Überrest atmosphärischer Luft, oder Wasserdunst, oder ein Gemenge aus beiden hervorgebracht werde, endlich muß auf die Ausdehnung des Glases Rücksicht genommen, und der Rauminhalt der Kugel auf eine feste Gränze zurückgebracht werden. Unter Berücksichtigung aller dieser Ursachen hat man gefunden daß bei der Temperatur des schmelzenden Eises und einem Barometer Stand von 28" der bair. Kubikfuß vollkommen trockener atmosphärischer Luft 1,3395 = $\frac{5}{6}$ bair. Loth wiege.

Das Gewicht eines Kubikfußes von Brennstoffgas unter denselben Umständen fand sich = 2,03646 = A' bair. Loth. daher das specif. Gewicht des Brennstoffgases $\varepsilon = \frac{2,03646}{1,84530} = 1,10359$.

Verzeichniß des specif. Gewichtes der Gasarten und einiger Dünste wenn das atmosph. Luft = 1 angenommen.

Atmosphärische Luft	1
Brennstoffgas --	1,10359
Stickgas ----	0,96913
Wasserstoffgas	0,07321
Kohlensaures Gas	1,51961
gasform. Amonium	0,59669
salzsaures Gas	1,2474
Chlorine	2,47
gasform. Kohlenoxid	0,9569
oxidirtes Stickgas	1,5204
Salpetergas	1,0388
Schwefelhaltiges Wasserstoffg.	1,1912
Schwefelsaures Gas	2,1204
Ölmachendes Gas	0,97804
flußspathsaures Gas	2,3709
kieselerdiges flußs. Gas	3,5737
gasförmige Jod oder Wasserstoffsäure	4,443

Dünste

des Wassers	0,62349
des absoluten Alkohols	1,6133
des Schwefeläthers	2,586
des Jod-Wasserstoffäthers	= 5,4749
des destillirten Terpentinöls	= 5,013
des Kohlenschwefels	2,6447
des Jods ----	8,6195
des Salzäthers	= 2,219

N.B. Aus der Formel $\varepsilon' = \frac{A'}{s}$ hat man auch $A' = \varepsilon' s$. Will man also das Gewicht eines Cubikfußes = A' irgend Gasarten oder Dünste bestimmen, so darf man nur das specifische Gewicht der Gasart, oder des Dünstes mit dem entsprechenden Gewichte der Luft, das ist mit der Zahl $s = 1,8453$ multipliziren. So wiegt z. B. der Cubikfuß Wasserdunst

$0,62349 \times 1,8453 = 1,15$ bair. Loth.

Das Gewicht des Wasserdunstes in der Tabellen beruhet nur auf mathematischer Berechnung, weil dieser Dunst bei 0 Grad Temperatur, und einem Barometerstand von 28" sich nicht in dunstförmigem Zustand erhalten kann; jedoch gilt diese Bestimmung als eine feste Gränze, von welcher aus, sich das eigenthümliche Gewicht dieses Dunstes für jede andere Temperatur, und für jeden andern Druck der Athmosphäre, bestimmen läßt.

Einige Gasarten z. B. Wasserstoffgas dessen spez. Gewicht = 0,07321 ist u. a. sind leichter als athmosphärische Luft. Dieses in eine Hülle ohne Poren eingeschlossen, und sich selbst überlassen, wird durch ihr Gewicht herabzusinken streben, allein es wird zu gleicher Zeit durch eine Kraft, die gleich dem Gewichte der athmosphärischen Luft ist, welche es aus der Stelle verdrängt, gehoben, und so hoch steigen bis es zu Schichten gelangt, deren Dichte geringer als die seinige ist. Man könnte sogar, indem man einen großen Raum um sein Gas wählte, seine Steigkraft so sehr verstärken, daß es eine schwere Hülle, und selbst eine Gondel und Menschen mit in die Höhe nähme. Hierauf beruhet die Einrichtung der Luftballone deren Erfindung eine der schönsten im 18ten Jahrhundert Montgolfier gebühret.

Kurze Geschichte und Theorie der Luftballone in der Vorlesung.

Die Dünste.

Werden tropfbar flüssige Körper in offenen Gefäßen, der Wärme oder der Luft ausgesetzt, so verlieren sie an ihrer Quantität, ohne daß man den Verlust anders als durch Veränderung des Gewichtes wahrnehmen kann. Diese Operation der Natur und Kunst heißt Verdünstung und Dunst dasjenige alles was unsichtbar aus den tropfbar flüssigen Körpern in die Athmosphäre übergehet, so lange es unsichtbar in derselben bleibt.

Die Luft ist übrigens dazu nicht unumgänglich nothwendig, wie dieß die Verdünstung unter der Luftpumpe zeigt, sondern vielmehr wird dieselbe durch den Druck der Luft gehindert.

Die Verdünstung wird vorzüglich durch das Sonnenlicht, durch ihre Wärme erregende Eigenschaft begünstigt; daher die Verdünstung an Sommer warmen Tagen am größten, daher verschwinden die Nebel vor der Sonne, und dauern längere Zeit an trüben Tagen. Daß aber durch die Verdünstung des Wassers nicht zersetzt werde, zeigt sich aus der athmosphärischen Luft die vor und nach der Verdünstung in Verhältniß ihrer Bestandtheile dieselbe bleibt – denn der kleine Antheil Wasserstoffgas der aus den in derselben enthaltenen Dünsten abgeschieden werden kann, ist nicht als Bestandtheil der Luft zu betrachten.
Die Größe der Verdünstung, oder die Quantität derselben hängt verhältnißmäßig von der Temperatur, dem Luftwechsel, der Intensität des Sonnenlichtes, und der Oberfläche des ausdünstenden Körpers ab – Sie kann durch sogenannte Atmometer Evaporatorium gemessen werden, zu deren Bestimmung man sich sehr empfindlicher Wagen, und kleiner Gefäße bedient – Durch solche Evaporatorien hat man im Mittel gefunden, daß die Quantität der in jedem Jahre aufsteigenden Dünste gleich einem Wasserprisma sey, welches die ausdünstende Oberfläche zur Basis, und eine Höhe von 2,5 Fuß habe.
Die Dünste erheben sich in der athmosphärischen Luft nicht bloß durch ihre kleinere specifische Schwere, sondern vielmehr durch die ihnen zukommende Eigenschaft eines ausdehnbaren Stoffes, denn wie könnten sie sonst im luftleeren Raume steigen, auch müßten sich sonst die Gasarten nach ihrem verschiedenen spezifischen Gewichte schichtenweis übereinander lagern. Übrigens sind die Dünste um so leichter je schwerer die Flüssigkeit [illegible] die Gasform anzunehmen.

Eine wesentliche Eigenschaft der Dünste, und welche sie von den Gasar-
ten unterscheidet ist, daß für jede Temperatur nur eine begränzte
Menge derselben in einem begränzten Raume vorhanden
seyn kann, so daß wenn nach und nach der Raum welcher sie ein-
schließt verkleinert würde, alles Übermaß der Dünste sich durch
den Druck aufheben wird, ohne dadurch ihre Elastizität zu ver-
größern, während die Gasarten die dem Drucke widerstehen
sich unbestimmt verdichten lassen, hiezu nur die Stärke der Gefäße
zu ihrer Gränze haben, ohne durch irgend einen Druck in eine
tropfbare Flüssigkeit verwandelt werden zu können.

Ein Cubikzoll Wasser in Dunst verwandelt, nimt bei einer Temperatur
von 100° C und einem Barometer Stand von 28" einen Raum von
1696,4 Cubikzollen ein, es ergibt daraus hervor, daß 1696,4 Cubikzoll
Wasserdunst soviel wiegen als ein Cubikzoll Wasser d. i. $\frac{37}{48}$ bay. L.
wenn das Gewicht eines Cubikfußes Wassers zu 44,4 lb angenommen wird
daraus der bay. Cubikfuß Wasserdunst = 0,83753 bay. Loth; und da 0,72529
Pariser Cubikfuß = 1 bay. ist, und somit der bay. Cubikfuß Luft 1,8453 × 0,72529
= 1,33826 bay. Loth wiegt; so ergibt sich das spec. Gewicht des Wasserdunst
$= \frac{83753}{133826} = 0,62 ..$ Demgemäß verhält sich das specifische Gewicht des
Wasserdunstes zu jenem der Luft wie 62 : 100, welches Verhält-
niß bei der Gleichheit der Ausdehnung der Dünste, und der Luft,
wenn sie gleichen Temperaturen und Druck ausgesetzt sind.
immer fort bestehen wird. Es findet keine dießfälliger Unterschied statt.
Es verhält sich nämlich die Ausdehnung der trockenen Gasarten bei der Tempe-
ratur von 100° C zu jener bei 0° wie 1375 : 1000, und jene der Wasserdünste
wie 15 : 10.

Ist der Raum bekannt den ein gegebenes Gewicht von Dünsten
bei der Temperatur 100° und einem Barometer Stand von 28" einnimt

so läßt sich hieraus der Raumumfang finden, den dieser nämliche Wasser[dunst] bei irgend einem andern Temperatur, und einem andern Drucke einnehmen würde, indem sich die Dünste, so lange sie in ihrem dunstförmigen Zustande beharren, wie die Gasarten verdichten, und verdünnen lassen.

Hat man z. B. 2 Kubikzoll Luft die einem Drucke von 28" ausgesetzt sind, und bringt man hierauf diese beiden Cubikzoll in den Raum von ein Zoll, so werden sie einen doppelt so großen Druck d. h. einen Druck von 56" aushalten.

Werden demnach zwei Gasarten in einen und denselben Raum gemengt, so wird ihre Spannkraft gleich der Summe der einzelnen Spannkräfte seyn. Dieses Gesetz, welches nur ein Ergebniß aus dem Gesetze Mariotte's ist, findet bei Vereinigung der Gasarten allgemein statt, ja es erstrecket sich selbst auf die Vermengung der Dünste und aller elastischen Flüssigkeiten die nicht chemisch mit einander in Verbindung treten.

Die elastische Kraft des Wasserdunstes ist für die verschiedenen Temperaturen in nachstehender Tabelle in Pariser Linien ausgedrückt.

Temperaturs Grade		Temperaturs Grade nach F.	
0	Spannung in Par. Linien 2,49605	65	Spannung in Par. Linien 90,14667
1	2,66084	70	113,02011
5	3,42756	75	140,64981
10	4,67484	80	173,70271
15	6,33362	85	212,99911
20	8,54250	90	259,13634
25	11,423	95	312,90954
30	15,11896	100	374,97427
35	19,9348	105	445,84332
40	26,14853	110	525,98
45	33,92185	115	615,65347
50	43,78416	120	714,85477
55	56,10297	125	823,61619
60	77,17318	130	941,23015

Da nun in dieser Tabelle die Spannkraft des Wasserdunstes in Linien angegeben ist, so läßt sich hieraus auch die Spannkraft der übrigen Dünste für eine bestimmte Anzahl Grade des Thermometers bestimmen z. B. Wenn beide Wasser und Schwefeläther einem Druck von 28 Zoll ausgesetzt sind, so lehrt die Erfahrung daß Wasser bei 100°, der Aether aber bey 39° koche, bei diesen Temperaturen ist die Spannkraft der Dünste beider Flüssigkeiten gleich, und sie tragen beide einen Druck von 28 P. Z. = 31,444 bair. Zollen oder = 377,328 bair. Linien, welche in der Tabelle in Bezug auf die Siedhitze des kochenden Wassers in München auf 374,97427 bay. Linien reduzirt angegeben ist. Vermindert man nun jede dieser Temperaturen um 10°, so findet man daß die Spannung beider Flüssigkeiten noch gleich ist, so daß ihre Spannkraft einem Drucke von 259,1363 a. bay. L. gleich ist – Auf diese Art ist die Änderung der Spannkraft für eine gleiche Anzahl Grade des Thermometers auch für die Dünste der übrigen tropfbar flüssigen Körper dieselbe.

Die Menge des Tropfbarflüssigen, welche in einem leeren, oder mit trockner Luft erfüllten Raume verdunstet, ist für beide gleich, und hängt bei nämlichem Raum nur von der Temperatur allein ab. Enthält die eingeschlossene Luft schon ähnliche Dünste allein in geringerer Menge als das dieser Temperatur angehörige Maximum erfordert, so ergänzt die hinzugebrachte Flüssigkeit nur die zur Hervorbringung dieses Maximums fehlende Menge. Bei allem diesem gibt es keinen Unterschied zwischen der Luft und der Leere als in Hinsicht der Schnelligkeit des Verdunstens, welche in der Leere fast augenblicklich, in der atmosphärischen Luft und den Gasarten aber langsamer erfolgt, gleich als ob die Theilchen

diesen Gebäuden einen ansehnlichen Widerstand leisten, und durch ihre Trockenheit sich der Verbreitung der Dünste widersetzten.

Es ist bei Versuchen in der Chemie und Physik, oft sehr wichtig genau die Menge Wasser zu kennen, die sich wirklich in einem gegebenen Raumumfang atmosphärischer Luft, oder Gas in Dunstgestalt vorfindet – hiezu dienet das Hygrometer.

Fast alle Hygrometer gründen sich auf die Veränderungen des Raumumfangs, welche die organischen Substanzen durch den Zutritt oder das Entweichen der Dünste unterworfen sind.

Die Darmsaiten die man bei musikalischen Instrumenten anwendet, verändern nach Maßgabe der Feuchtigkeit die sich mit ihnen verbindet Spannung und Ton – bei dem Zutritt der Feuchtigkeit dehnen sie sich, und werden kürzer, weil sie an Dicke zunehmen – der Bart verschiedener Pflanzen äußert dieselbe Wirkung auf eine ausgezeichnete Art. Die kleinen Figuren, die durch ihre Bewegung Trockenheit und Regen anzeigen werden durch Darmsaiten welche sich aufdrehen, und zusammendrehen in Bewegung gesetzt. Unter den Körpern denen die hygrometrischen Eigenschaften zukommen, sind Menschenhaare am empfindlichsten, und die beständigsten in ihren Wirkungen, wenn sie in einer schwachen Kalilauge ausgelaugt worden sind, die ihnen das Fett mit dem sie von Natur aus überzogen sind entzieht.

Das so zubereitete Haar verkürzt sich bei der Trockenheit, und verlängert sich bei der Feuchtigkeit – aber dieses verhindert nicht dessen nicht auch wie die übrigen Naturkörper, von der Wärme verlängert, und von der Kälte verkürzt werde, doch erfolget dieses in einem weit unmerklichern Grade.

Bei dem Haarhygrometer von Saussure, wird das obere Ende des Haares in A durch eine Zange fest gehalten, das untere Ende B, ist auf eine ähnliche Art an dem Umfange einer sehr beweglichen Rolle angeheftet, welche von unten nach oben von dem Haare



und vom obern nach unten, durch ein kleines Gewicht q gezogen wird. Verkürzt sich das Haar, so dreht es die Scheibe nach der einen Richtung, verlängert es sich, so dreht es dieselbe nach der andern Richtung. Die Rolle setzt ihrerseits eine lange Nadel in Bewegung, die durch ihre Bewegung auf einem getheilten Kreisbogen die Verkürzung und Verlängerung anzeigt, die das Haar durch die Abwechslung von Feuchtigkeit in der umgebenden Luftschicht. Schließt man ein Hygrometer in ein mit atmosphärischer Luft oder anderer Gasart angefülltes Manometer ein, dessen Innenwände mit Wasser befeuchtet wurden, so wird sich der Zeiger nach jener Richtung bewegen, welche eine Verlängerung des Haares anzeigt, und auf einer gewissen Gränze stehen bleiben; wird hierauf das Werkzeug in ein anderes Manometer versetzt, in welchem die Luft seit einigen Tagen mit austrocknenden Substanzen eingeschlossen war, so wird sich, weil sich nun das Haar verkürzt, der Zeiger wieder rückwärts bewegen, und bei einer gewissen Gränze stehen bleiben. Von Saussure nannte diese letzte Gränze den Punkt der größten Trockenheit, und bezeichnete sie mit 0; die erstere aber den Punkt der größten Feuchtigkeit und setzte dafür 100, der Raum zwischen beiden wurde in 100 gleiche Theile abgetheilt. Diese geben sonach Zwischengrade von Feuchtigkeit, aber so wie das Thermometer nur die Temperatur angibt, ohne die absolute Menge Wärmefähigkeit zu messen, so wird durch das Hygrometer, nur der hygrometrische Zustand auf eine bemerkbare Weise festgestellt, ohne daß dadurch die absolute Menge Wasser, die in der Luft enthalten ist angegeben wird. Folgende Tabelle die auf Gay Lussac beruhet gibt uns nach den Graden des Hygrometers die Spannung des wirklich in der Atmosphäre befindlichen Wasserdunstes, wenn bei 100° = 1 angenommen in folgenden Decimalbrüchen.

Grade des Hygrometers	Spannung der Dünste	Grade des Hygrometers	Spannung der Dünste
0	0,0000	55	0,3176
5	0,0225	60	0,3628
10	0,0457	65	0,4142
15	0,0696	70	0,4749
20	0,0945	75	0,5376
25	0,1205	80	0,6122
30	0,1478	85	0,6959
35	0,1768	90	0,7909
40	0,2078	95	0,8906
45	0,2413	100	1,0000
50	0,2779		

Bringt man dasselbe Hygrometer nach und nach in verschiedene Schichten der Atmosphäre, so sieht man dasselbe wie man sich nach und nach von der Erde entfernet der Trockenheit zu gehen, und da auch in diesen höhern Regionen die Temperatur immer mehr abnimt, so zeigt sich die Menge Dünste die ein gegebener Raum aufnehmen kann, sehr gering, und ihre Spannkraft mit dem Grade der Temperatur verhältnißmäßig. – Daß aber in den höhern Regionen der Temperatur die Luftspannung mehr vermindert zeigt sich in der Bewegung daß dieselbe Masse Luft, die aus den niedrigern Schichten der Atmosphäre in höhern versetzt wird, eben so vielen Wärmegrad sich erzeugen müsse, als ihre zunehmende Ausdehnung erfordert; doch die Erfahrung lehret daß sich der Dunst bei jeder Temperatur bildet, und daß die höhere und niedrigere Temperatur nur auf den Grad seiner Spannkraft Einfluß hat.

Treten die Dünste welche in ihrer warmen Gestalt einen 1696 mal größern Raum als in ihrem flüssigen Zustand einnehmen, zu einer größern Contraktion zurück, so daß sie unseren Augen

sichtbar werden, ohne deswegen zur wirklichen tropfbaren flüssigen form überzugehen, so bilden sie das was wir Nebel nennen.
Erheben sich die Nebel auf eine gewiße Höhe in der Atmosphäre und bilden da sey es durch Verdichtung der Luft, oder den Trieb der Winde zusammengehäufungen, welche in verschiedenen Höhen der Atmosphäre schweben, so erhalten wir die Erscheinung der Wolken – Da die Wolken dadurch entstehen, daß sich der in der Luft enthaltene Wasserdunst in eine sichtbare Häu-fung von Dunstbläschen zusammenzieht, so müssen sich an den Orten welche mehr Wasser liefern können, auch mehr Wolken bilden, als an jedem anderen Orte. Daher bringen uns die Westwinde, welche von dem Ocean, und die Südwinde welche von dem mittelländischen Meere herkommen, gewöhnlich auch viele Wolken mit.
Wenn sich die Wolken verdichten, sey es durch die Wirkung der Winde, oder sey es, durch Verdünnung der Luft, welche sie trägt, oder durch Entziehung des Wärmestoffes, welcher die Dünste in ihrer Bläschenform erhielt, so vereinigen sich die wäßerigen Theilchen aus denen sie zusammengesetzt sind, in Tropfen, und fallen nun zu schwer, um sich noch ferner in der Luft zu erhalten als Regen herab, welcher nach der Menge und Geschwindigkeit des fallenden Wassers auch verschie-dene Namen bekommt, als Staubregen, gemeiner Regen – Platzregen – Wolkenbruch.
Herrscht aber in einer Wolke eine Temperatur unter dem natürlichen Gefrierpunkte des Wassers, so gefrieren die Theile der Dunstbläschen und fallen als Schnee auf die

Erde herab; wenn sie anders in seinem fallen nicht in eine Tempe=ratur kommt, welche ihn wieder aufthauen macht, und dadurch in Regen verwandelt wird. Nach mehreren Zusammenstellungen kommt im Mittel auf jede 957 bair. Fuß Höhe eine Wärme Abnahme von 1°R. Temperatur wird die Temperatur in einer Höhe von 6699 bair. Fuß = −4°R seyn, wenn dieselbe an der Erdoberfläche = +3° beträgt. Da ferner wenn auf der Erde die Temperatur +3° herrscht, dieselbe in einer Höhe von 2871 F. = 0° ist so ist begreiflich daß aller Schnee welcher in einer Erhöhung von mehr als 2871 bair. Fuß entstanden ist, auch seine Temperatur nicht über 0° erwärmen können, und als solcher auf die Erde herab fallen müsse.

Die mittlere Temperatur bei welcher obiger Schnee beginnt, ist unter dem Equator nach Humboldt 0,3°R. in der gemäßigten Zone nach Pictet = −3,7° in Norwegen ist sie −3,45° in der Schweiz −4°R.

Bouguer bestimmt die Höhe der untern Schneelinie auf 2434 Toisen Humboldt auf 2462 Toisen. Diese Gränze des ewigen Schnees steigt gegen die Pole hin immer weiter herab und zwar fällt sie bey 0° Breite auf 2462 Toisen = 16599 bair. Fuß.

bey 20°	Breite	" 2360	"	" 16012	"	
bey 45°	"	" 1400	"	" 9433	"	
" 62°	"	" 900	"	" 8064	"	
" 65°	"	" 482	"	" 3248	"	

Der allgemeinen Erfahrung nach schützt der Schnee als schlechter Wärmeleiter die Erde vor zu großer Erkältung und befördert ihre Befruchtung durch Befeuchtung in seinem langsamen Aufthauen.

läßt die Kälte welche manchmal in der Wolkenregion herrscht den wässerigen Theilchen der Wolke keine Zeit, um sich in Tropfen zu vereinigen, sondern greift sie sogleich an, so erhalten wir die Erscheinung des Hagels. – Da die Hagelkörner aus einer Flüssigkeit entstehen, die sich in einem Mittel befindet von welchem sie von allen Seiten gleich stark gedrückt wird, so sollten sie nothwendig eine sphärische Form annehmen, welches auch wirklich der Fall im Moment ihrer Formation ist; daß der Hagel wenn er auf unserer Erde ankommt, ist meistens eckig; diese Gestalt kommt daher, weil derselbe in seinem Falle entweder schon zu schmelzen angefangen, oder bei seiner Formation einen solchen Kältegrad erhalten hat, der hinreichend war, auf seiner Passage noch alle kleinen Wassertheilchen, die er berührte, und die langsamer als er fielen, an sich zu gefrieren. Übrigens unterscheidet sich die Hagelbildung von der Schneebildung dadurch, daß bei der Hagelbildung die Ursachen der Crystallisation fast augenblicklich und daher auch seltener zusammentreffen als bei jener, und Hagel und Schlossen sich nur bei Tage bilden.

Ueberziehen sich Abends in den heißen Sommermonaten die Pflanzen, oder andere der Luft ausgesetzte Körper mit Feuchtigkeit in Tropfengestalt, so nennen wir diese Erscheinung Thau. – Es bilden sich nämlich in den warmen Sommertagen sehr viele Dünste, welche am Abend, wo die Temperatur sich verändert von der Luft ausgeschieden werden, und sich in tropfbarer flüssiger Form an kältere Körper anlegen; auch selbst die Dünste der Pflanzen (: da diese längere Zeit ihre Temperatur beibehält, als die sie umgebende Luft :) verdichten bei der Berührung mit der kältern Luft ihre ausdehnbare Form, und bleiben in tropfbarer flüssiger Form an den Pflanzen als Thau hängen. Daher haben wir im Winter, und unter Tags keinen Thau, daher ist der Thau in heißen Ländern gewöhnlich am stärksten, daher sieht man das Nichtfallen des Thaues als einen Vorbothen

schlechten Wetters etc. Aber nicht alle Körper werden von dem Thaue gleichstark befeuchtet, so werden unter gleichen Umständen Metalle nicht befeuchtet, während Glas befeuchtet wird; da Metalle als gute Wärmeleiter die Temperatur der umgebenden Luft schnell annehmen, und als gleich erwärmt nicht geeignet sind, die Dünste zu zersetzen, während anderseits Glas als schlechter Wärmeleiter, seinen Verlust nicht sobald wieder ersetzen kann, und daher zur Niederschlagung der Dünste mehr geeignet ist.

Sind die Pflanzen von dem Thaue oder einem vorhergegangenen Regen befeuchtet, und tritt nun eine Temperatur unter dem Gefrierpunkte ein, so gefriert die Feuchtigkeit und bildet den Reif, der wie der Schnee eine eigenthümliche 6 strahlige Crystallisationsform hat, aber durch verschiedene Aus- und Zuwüchse in verschiedene zufällige Nebenformen übergeht.

Verliert allgemein das Wasser durch die Nachbarschaft einer kalten Luft einen Theil ihrer Wärme, so erkältet es sich, aber es bleibt noch flüssig, verliert es aber auch jene gebundene Wärme welche nothwendig ist, um die Theilchen desselben auseinander, und in der gehörigen Beweglichkeit zu erhalten, so nähern sich diese Theilchen, berühren sich besser, und hängen durch die Stärke der Cohäsionskraft so aneinander, daß sie nun einen festen Körper bilden den man <u>Eis</u> nennt.

Ist das Eis einmal gebildet so hat es ein größeres Volumen und daher auch ein kleineres spezif. Schwere als das Wasser –

Die Vergrößerung des Raumsumfangs rühret von der Luft her, welche bei Annäherung der Wassertheilchen aus dessen Zwischenräumen getrieben sich in Blasen gesammelt hat; und so da die Oberfläche des Wassers immer am ersten gefriert, sich nicht mehr ausbreiten kann;

denn gewiß in der Masse einen Raum einnimt, welches später in ihrer Zusammendrängung durch die Zwischenräume nicht der Fall war. Ein solches von Luft nicht gereinigtes Eis ist immer um $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{9}$ Volumen größer als das Wasser, aus dem es entstanden ist; auch ist es viel trüber und nicht so schön, als jenes welches künstlich aus von Luft gereinigtem Wasser gemacht wird.

Die Kraft mit welcher das Eis in gewissen Fällen wirkt, ist erstaunlich; Huygens hat die Erfahrung gemacht, daß ein eisernes Kanone welche mit Wasser gefüllet, und wohl verschlossen einer großen Kälte ausgesetzt wurde in Zeit von 12 Stunden an zwei Orten zersprengte, welches einer Kraft von 27720 ℔ gleich geschätzt wurde.

Obwohl das Eis ein fester Körper, und sehr hart ist, so dünstet es doch beträchtlich aus und selbst in gleicher Zeit mehr als das Wasser, indem das Eis durch seinen größeren Raumsinhalt, und seine größere Fläche, die übrigens auch sehr rauh ist der Ausdünstung mehr Anhaltungspunkte darbietet. Dieser Ursache kann man noch beifügen, daß die Trockenheit der Luft und der Wind die Ausdünstung zu viel vermehren, indem eine trockene Luft mehr geeignet ist, sich mit Dünsten zu beladen, die sich auch in größter Menge erhalten, wenn diese Luft durch Luftzug oder Wind immer wieder erneuert wird.

Sobald die Wärme sich in der Luft wieder belebt, und über den Grad welchen das gefrierende Eis wirkt, die Oberhand erhält; so

verbindet sich das Eis wieder mit Wärmestoff und kehrt neuerdings in den tropfbar flüssigen Zustand zurück.

Ende dieser Vorträge über Physik für das Wintersemester.

1828/9

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Lackerbauer, Peter

Vorträge über Physik an der polytechnischen Schule in München im Jahr 1829

S.l. 1829

4 Phys.sp. 149 h
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10058494-9